

Kenneth Beinset
Oliver Langfeldt Mikkelsen
Morten Bjørk Olsen

Kartlegging av vannforbruk i idrettsbygg

Mapping of water usage in sport buildings

Bacheloroppgave i Maskiningeniør, VVS-teknikk
Veileder: Dag Rune Stensaas
Mai 2022

Kenneth Beinset
Oliver Langfeldt Mikkelsen
Morten Bjørk Olsen

Kartlegging av vannforbruk i idrettsbygg

Mapping of water usage in sport buildings

Bacheloroppgave i Maskiningeniør, VVS-teknikk
Veileder: Dag Rune Stensaas
Mai 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for energi- og prosessteknikk

RAPPORT BACHELOROPPGAVEN

Tittel (Både på norsk og engelsk kreves)

Kartlegging av vannforbruk i idrettsbygg
Mapping of water usage in sport buildings

Prosjektnr.

EPT-V-2022-01

Forfatter(e)

Kenneth Beinset

Oliver Langfeldt Mikkelsen

Morten Bjørk Olsen

Oppdragsgiver(e) eksternt

Bjørn Aas, SIAT

Veileder(e) internt

Dag Rune Stensaas

Rapporten er ÅPEN

Dato levert

19.05.2022

Kort sammendrag (Både på norsk og engelsk kreves)

Denne bacheloroppgaven handler om å kartlegge vannforbruket til totalt åtte idrettsbygg. Oppgaven har en todelt problemstilling om henholdsvis overdimensjonerte sanitæranlegg og vannlekkasjer i bygg. Flere bygg blir overdimensjonert grunnet en utdatert dimensjoneringsstandard, forsyningsikkerhet, bruksvaner og aktivitetsnivå. I tillegg er det flere bygg som har et høyt unødvendig vannforbruk som tilsynelatende foregår uoppdaget.

This bachelor thesis is about mapping the water usage for a total of eight sport buildings. The thesis has a two-part problem, one about oversized water supply systems and one about water leakages in buildings. It appears that many sport buildings are oversized, due to an outdated dimensioning standard, security of supply to the buildings, user habits and activity levels. In addition, there are several buildings that have an unnecessary high water consumption that apparently goes undetected.

Stikkord:

Apurgo, idrettsbygg, vannforbruk, overestimering av vannbehov, nattforbruk, lekkasjer, NS 3055:1989, DIN 1988-300:2012

Keywords:

Apurgo, sport buildings, water usage, overestimating water needs, nightly water usage, leakages, NS 3055:1989, DIN 1988-300:2012

Forord

Denne bacheloroppgaven avslutter maskiningeniørstudiet, med spesialisering innen Varme-, Ventilasjon-, og Sanitærteknikk (VVS) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven er et resultat av et samarbeid mellom Kenneth Beinset, Oliver Langfeldt Mikkelsen og Morten Bjørk Olsen, og er et produkt av to problemstillinger vi anser som lite belyst i bransjen i dag. Innholdet i denne oppgaven står for forfatterenes regning.

Opgaven ble utarbeidet i samarbeid med Bjørn Aas ved Senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT), Apurgo AS og veileder Dag Rune Stensaas ved NTNU.

Vi vil gjerne takke alle som har hjulpet oss i denne prosessen. Vi vil spesielt takke vår interne veileder Dag Rune Stensaas for god oppfølging underveis i oppgaven. En stor takk rettes også til ekstern veileder Bjørn Aas fra SIAT. Bjørn har vært til stor faglig hjelp i tillegg til å være en ressurs for hvor fokuset i oppgaven bør ligge. Vi vil også takke Janne Cathrin Hetle Aspheim og Ole-Magnus Høiback for god hjelp med behandling av rådata og fremstilling av dette.

En takk rettes også til driftspersonell ved de ulike byggene, for svar på spørsmål og omvisning på befaringer. Vi vil også takke Odd-Sverre Johansen og Irene Beatrice Ytterdal-Larsen fra Apurgo for svar på spørsmål underveis.

Kenneth Beinset

Kenneth Beinset

Oliver L. Mikkelsen

Oliver Langfeldt Mikkelsen

Morten Olsen

Morten Bjørk Olsen

Trondheim / 19.05.2022

Sted/dato

Sammendrag

Denne oppgaven handler om å kartlegge vannforbruk i idrettsbygg. Problemstillingen er todelt og baserer seg på vannlekkasjer i idrettsbygg og overdimensjonering av sanitæranlegg. Vannlekkasjer og unødvendig vannforbruk fører til større vann- og energikostnader, spesielt over lengre tid. Likeledes vil et overdimensjonert sanitæranlegg føre til ytterligere konsekvenser som større komponenter, ineffektivt varmeanlegg og stillestående vann, i tillegg til unødvendige kostnader og energiforbruk.

I dag er NS 3055:1989 nærmest bransjepraksis for dimensjonering av forsyningsledninger. Ulempen med denne er at den ikke har blitt oppdatert siden 1989. Basert på resultater i denne oppgaven kommer det frem at normalvannmengdene som legges til grunn i NS 3055:1989, ikke samsvarer med faktiske volumstrømmer hos utvalgte tappesteder. Denne sammenligningen og kartlegging av maksimale volumstrømmer ble benyttet som underlag for å fastslå om dagens dimensjoneringsmetode er tilstrekkelig for dimensjonering av forsyningsledninger. Det ble også gjennomført målinger i en seksukersperiode for å avdekke natt- og døgnforbruk til byggene. Via Apurgos overvåkningssystem var det mulig å motta nøyaktige målinger av byggets vannforbruk og peke ut potensielle lekkasjer eller unormale forbruksmønstre.

Det ble gjort flere funn av lekkasjer eller unødvendig vannforbruk i form av klosetter som rant, servantbatterier som ikke var avslått, samt gjennom- og hettvannsspyling av dusjanleggene. Gjennom- og hettvannsspyling er spesielt unødvendig, siden Apurgos vannbehandlingssystem allerede forhindrer vekst av legionella. Derav sitter en igjen med et unødvendig vann- og energiforbruk som er svært ugunstig, både økonomisk og miljømessig sett. Ved dimensjonering av bygg er forsyningssikkerhet en avgjørende faktor og dekker flere områder. Eksempler er samtidighet, større arrangementer og fremtidig endring av bygget. Videre kan en si at NS 3055:1989 er utdatert da den ikke tar hensyn til type bygg og bruk av vannbesparende armatur.

Abstract

This thesis is about mapping water consumption in sport buildings. The issue is divided into two parts, one about water leakages in sport buildings and the other is about oversizing of water supply systems. Water leakages and unnecessary water consumption leads to greater water and energy costs, especially over time. Likewise, an oversized water supply system leads to further consequences such as larger components, inefficient heating systems, stagnant water, as well as unnecessary costs and energy consumption.

Today, NS 3055:1989 is generally the norm for dimensioning water supply lines. This standard has not been revised since 1989. Based on results in this paper it appears that the flow rates used in NS 3055:1989, does not correspond with the actual flow rates for various draw-off points. The comparison combined with mapping of maximum flow rates was used as a basis to determine whether or not the current dimensioning method is sufficient for dimensioning of supply lines. It was also carried out readings over a six-week period, to reveal the night and day consumption of the buildings. Apurgo's monitoring system made it possible to receive accurate readings of the building's water consumption and point out potential leakages or uncommon consumption patterns.

Several discoveries were made of leakages or unnecessary water consumption in the form of toilets leaking, faucets that were not turned off, as well as water and hot water flushing of the shower facilities. Water and hot water flushing is especially unnecessary, since Apurgo's water treatment system already prevents legionella growth. Hence one is left with an unnecessary water and energy consumption which is very unfavorable, both economically and environmentally. In case of oversizing, the securing of supply is a major factor and covers several aspects. Simultaneity, larger events and future modification of the building are some examples. Furthermore, one can say that NS 3055:1989 is outdated as it does not take into consideration what the building will be used for, nor the use of water-efficient appliances.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Begrepsliste	xi
Symbolliste	xi
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn og problemstilling	1
1.2 Begrensninger	1
1.3 Mål	2
2 Teori	3
2.1 Forsyningsledninger	3
2.1.1 Stikkledning	3
2.1.2 Fordelingsledning	3
2.1.3 Koblingsledning	4
2.2 Standarder	4
2.2.1 NS 3055:1989	4
2.2.2 DIN 1988-300:2012	4
2.3 Vannforbruk	5
2.3.1 Volumstrøm	5
2.3.2 Normalvannmengde	5
2.3.3 Samtidighet	6
2.3.4 Største samtidige vannmengde	6
2.3.5 Tilfeldig og systematisk benyttelse	6
2.3.6 Vannbesparende armatur	6
2.3.7 Energibehov til oppvarming	7
2.3.8 Vannforbruk i verden	7
2.4 Lekkasje	8
2.5 Dimensjonering av rør	9
2.5.1 Forenklet metode	9
2.5.2 Overdimensjonering	10
2.5.3 Underdimensjonering	11
2.5.4 Brannslanger	11
2.6 Legionella	11
3 Metode	13
3.1 Arbeidsforløp	13
3.2 Befaringer	13
3.2.1 Bøttetesten	14

3.3	Vannforbruk	15
3.3.1	Døgnforbruk	17
3.3.2	Nattforbruk	18
3.3.3	Kartlegging av maksimale volumstrømmer	19
3.3.4	Lekkasjeovervåkning	19
3.4	Utstyrliste	21
4	Resultat og diskusjon	22
4.1	Bygg A	22
4.1.1	Vannforbruk	23
4.1.2	Nattforbruk	25
4.1.3	Bøttetest	28
4.1.4	Vann- og energikostnader	29
4.2	Bygg B	29
4.2.1	Vannforbruk	30
4.2.2	Nattforbruk	32
4.2.3	Bøttetest	32
4.3	Bygg C	33
4.3.1	Vannforbruk	34
4.3.2	Nattforbruk	35
4.3.3	Bøttetest	35
4.4	Bygg D	36
4.4.1	Vannforbruk	38
4.4.2	Nattforbruk	39
4.4.3	Bøttetest	42
4.5	Bygg E	43
4.5.1	Vannforbruk	44
4.5.2	Nattforbruk	45
4.5.3	Bøttetest	48
4.5.4	Bruksmønster	48
4.5.5	Vann- og energikostnader	49
4.6	Bygg F	50
4.6.1	Vannforbruk	52
4.6.2	Nattforbruk	53
4.6.3	Bøttetest	57
4.6.4	Bruksmønster	57
4.6.5	Vann- og energikostnader	58
4.7	Bygg G	59
4.7.1	Vannforbruk	60
4.7.2	Nattforbruk	61
4.8	Bygg H	63
4.8.1	Vannforbruk	64
4.8.2	Nattforbruk	66

5	Oppsummerende diskusjon	68
5.1	Overdimensjonering	68
5.2	Underdimensjonering	69
5.3	Forsyningsikkerhet og samtidighet	70
5.3.1	Samtidighet	70
5.3.2	Forsyningstrykk vannverk	71
5.3.3	Endring av bygg	71
5.3.4	Større arrangement	71
5.4	Dimensjoneringsstandarder	72
5.5	Vannforbruk og aktivitetsnivå	72
5.6	Dusjvaner	73
5.7	Unødvendig vannforbruk og lekkasjer	74
5.7.1	Gjennomspyling og hettvannsspyling av dusjanlegg	74
5.7.2	Lekkasjer	74
5.8	Kostnader	75
5.8.1	Komponentkostnader	75
5.8.2	VV-beredere	77
5.8.3	Vann- og energikostnader	77
6	Konklusjon	79
6.1	Overdimensjonering	79
6.2	Forslag til endringer i dagens dimensjoneringskriterier	79
6.3	Unødvendig vannforbruk og lekkasjer	80
7	Feilkilder	81
7.1	Antall tappesteder	81
7.2	Bøttetesten	81
7.3	Formidling av informasjon	81
7.4	Koronapandemien	82
7.5	Usikkerhet vannmåler	82
7.6	Kostnader	82
	Referanser	86
A	Resultater	87
A.1	Bygg A	87
A.2	Bygg B	88
A.3	Bygg C	89
A.4	Bygg D	90
A.5	Bygg E	91
A.6	Bygg F	92
B	Kartlegging av maksimale volumstrømmer	93
C	RStudio kode	96

D	Oversikt over bygg	98
E	Datablad for sparedusjer Bygg E	99
F	Datablad for sparedusjer Bygg F	100
G	Datablad for sparedusjer Bygg H	101
H	Klammeravstand	102
I	Datablad vannmåler: Sensus Meistream	103
J	Datablad vannmåler: Elster M100i	107
K	Utrekninger og data	109

Figurer

2.1	Ledningstyper [28]	3
2.2	Normalvannmengder for tappesteder [17]	5
2.3	Gjennomsnittlig vannforbruk (l/p/d) i Storbritannia [7]	8
2.4	Vannforbruk mønster: Klosett som renner	9
2.5	Belastning for stikkledning av kobberør uten avsetning [18]	9
2.6	Dimensjoneringsfaktorer [12]	10
3.1	Bøttetest	15
3.2	Eksempel på diagram fra Apurgos overvåkningssystem	16
3.3	Eksempel på rensesprosess (hettvannsspyling av dusjer)	16
3.4	Måledata fra Apurgo-overvåkningssystemet eksportert til csv-fil	17
3.5	Eksempel på døgnforbruk	18
3.6	Eksempeldiagram for maksimale volumstrømmer	19
3.7	Apurgos eksisterende lekkasjeovervåkningssystem	20
3.8	Diverse utstyr: to typer vannmålere, skyvelære og bøtte	21
4.1	Dusjanlegg, Apurgos vannbehandlingssystem med vanninntak, rennende klosett og VV-beredere Bygg A	23
4.2	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg A	24
4.3	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg A	24
4.4	Hettvannsspyling natt til mandag og forbruket Bygg A	25
4.5	Nattforbruk Bygg A	26
4.6	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg A	27
4.7	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg A (uten alarmverdi og hettvannsspyling)	28
4.8	Dusjanlegg, VV-beredere, instruktørdusj og Apurgos vannbehandlingssystem med vanninntak Bygg B	30
4.9	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg B	31
4.10	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg B	31
4.11	Nattforbruk 2. februar Bygg B	32
4.12	Apurgos vannbehandlingssystem, VV-beredere, dusjanlegg og vanninntak Bygg C	34
4.13	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg C	34
4.14	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg C	35
4.15	Dusjanlegg (svømmehall), Apurgos vannbehandlingssystem, vanninntak og VV-beredere Bygg D	37
4.16	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg D	38
4.17	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg D	39

4.18	Flytskjema svømmehall, med kjølekretsen uthevet	40
4.19	Nattforbruk 27. januar og 29. mars Bygg D	41
4.20	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg D	42
4.21	Dusjanlegg, VV-beredere, dusjpanel og Apurgos vannbehandlingssystem Bygg E	43
4.22	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg E	44
4.23	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg E	45
4.24	Nattforbruk 29. mars og 26. april Bygg E	46
4.25	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg E	47
4.26	Pågang og vannforbruk 20. april 2022 Bygg E	49
4.27	Apurgos vannbehandlingssystem, dusjanlegg (velværeavdeling), dusjanlegg (hoved-herregarderobe) og Menerga Aquacond (med VV-beredere i bakgrunnen) Bygg F	51
4.28	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg F	52
4.29	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg F	53
4.30	Besøksstatistikk januar til mars Bygg F (2014 til 2022)	53
4.31	Nattforbruk 10. januar og 01. mai Bygg F	54
4.32	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg F	55
4.33	Kontinuerlig nattforbruk 15. februar Bygg F	56
4.34	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg F (uten høye alarmverdier)	56
4.35	Gjennomsnittlig besøkstall og vannforbruk i perioden april. 2022 Bygg F	58
4.36	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg G	60
4.37	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg G	61
4.38	Nattforbruk før og etter iverksatt prosjekt Bygg G	62
4.39	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg G	62
4.40	Høyt forbruk over fem dager Bygg G	63
4.41	Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg H	64
4.42	Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg H	65
4.43	Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg H	66
4.44	Nattforbruk 18. januar Bygg H	67
5.1	Målt sammenliknet med beregnet største samtidige vannmengde [36] .	68
5.2	Korrelasjon mellom døgnforbruk og gulvareal	72
5.3	Sensorstyrte dusjer Bygg A, B, E og F	75

Tabeller

4.1	Tappesteder Bygg A	23
4.2	Tappesteder Bygg B	29
4.3	Tappesteder Bygg C	33
4.4	Tappesteder Bygg D	36
4.5	Tappesteder Bygg E	44
4.6	Tappesteder Bygg F	51
4.7	Tappesteder Bygg G	59
4.8	Tappesteder Bygg H	64
5.1	Pris stengeventiler	76
5.2	Pris kobberrør	76
5.3	Pris klammer	76
5.4	Prisdifferanse per 10 m kobberrør	76
A.1	Bygg A - en dusj	87
A.2	Bygg A - en dusj 100 % samtidighet	87
A.3	Bygg A - en servant	87
A.4	Bygg B - en dusj (ytterst på rørstrekk)	88
A.5	Bygg B - en dusj (først på rørstrekk)	88
A.6	Bygg B - en dusj med 60 % samtidighet	88
A.7	Bygg B - en dusj med 100 % samtidighet	89
A.8	Bygg B - en dusj i instruktørgarderoben	89
A.9	Bygg C - en dusj	89
A.10	Bygg C - en dusj	89
A.11	Bygg C - en dusj med 100 % samtidighet	90
A.12	Bygg D - en dusj	90
A.13	Bygg D - en dusj med 60 % samtidighet	90
A.14	Bygg D - en dusj med 100 % samtidighet	90
A.15	Bygg E - en dusj	91
A.16	Bygg E - en dusj med tilnærmet 100 % samtidighet	91
A.17	Bygg E - en servant	91
A.18	Bygg E - en servant på HC-toalett (sensorstyrt)	91
A.19	Bygg F - en dusj	92
A.20	Bygg F - en dusj med 100 % samtidighet	92

Begrepsliste

Begrep	Forklaring
HC	Handicap
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
SIAT	Senter for idrettsanlegg og teknologi
VV	Varmtvann

Symbolliste

Symbol	Forklaring
$^{\circ}\text{C}$	Grader celsius
kg	Kilogram
kJ	Kilojoule
kr	Kroner
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatttime
l	Liter
l/s	Liter per sekund
l/p/d	Liter per person per dag
m^3	Kubikmeter
m^2	Kvadratmeter
m	Meter
mm	Millimeter
ρ	Massetetthet
s	Sekunder
\dot{V}	Volumstrøm

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og problemstilling

Det er kjent at norsk vannforsyning i flere kommuner mister opp mot 30 % av levert vann fra vannverk, på grunn av lekkasjer i ledningsnett [27]. Det er ikke like godt dokumentert og kjent hva lekkasjer i bygg kan representere.

Et prosjekt ledet av SINTEF har påvist at tradisjonell beregningsmodell for tappevannsbehov i en del utvalgte bygg, ikke samsvarer med det som er i praksis [30]. Tidligere undersøkelser i SIAT har vist at dette også stemmer for idrettsanlegg [1]. I tillegg til dimensjonering av forsyningsledninger etter behov, er vannforbruk i seg selv et globalt tema og det er sterkt behov for å redusere unødvendig forbruk.

Det er et økende fokus på legionella-bekjempelse i sanitæranlegg i dag og en lokal produsent av slikt utstyr er Apurgo AS i Trondheim. Teknologien som benyttes er basert på elektrokjemisk frigjøring av metallsalter i vannet som hindrer bakterievekst. En annen egenskap denne teknologien har, er at den overvåker vannforbruket langt mer nøyaktig enn en tradisjonell vannmåler.

Oppgaven inneholder to problemstillinger:

1. Kartlegge faktisk vannforbruk gjennom målinger. Dette skal sammenlignes med gjeldende dimensjoneringskriterier i dag og gruppen skal foreslå behov for eventuelle endringer i dagens dimensjoneringskriterier.
2. Gjennom kartlegging av nattforbruket/laveste detekterte vannforbruk, skal det avdekkes i hvilken grad det er lekkasjer og derigjennom unødvendig vannforbruk i byggene.

1.2 Begrensninger

I denne oppgaven har gruppen valgt å se nærmere på åtte bygg. Selv om det var flere aktuelle, måtte gruppen ta en avgjørelse på hvor mange samt hvilke bygg som skulle ses nærmere på. Tid og ressurser ble faktorer med tanke på oppgavens omfang og arbeidsmengde. Antallet er derfor begrenset til åtte bygg som gruppen føler i samråd med ekstern veileder, er en overkommelig mengde som samtidig gir tilstrekkelig med underlag til teksten.

Av de åtte byggene som velges vil det kun bli gjort befaringer på noen av dem. Gruppen har fått lesertilgang til Apurgos overvåkningssystem, og er ikke avhengig av å dra ut på stedene for å innhente all data og informasjon. Apurgo har samtidig kontaktinformasjon på driftspersonell, som gruppen har fått tilgang til for nærmere utspørring. I standardavtalen mellom studentene og virksomheten, ble det fastsatt at ekstern virksomhet (Apurgo) dekker reiseutgifter ved utreise til befaringer, men med tanke på tid og ressurser begrenser gruppen antall befaringer som gjennomføres.

Det ble også valgt å kun se på idrettsbygg. Som nevnt fikk gruppen tildelt oppgaven fra SIAT, så den logiske tankegangen var å kartlegge vannforbruket for idrettsbygg primært. På natten forventer man ikke et særlig vannforbruk, spesielt ikke i idrettsbygg. Selv om det var muligheter for å se på andre typer bygg som hoteller, skoler eller andre typer næringsbygg, valgte gruppen å kun se på idrettsbygg. Det hadde vært mer sannsynlig å se vannforbruk om nettene hos et hotell og dette hadde krevd en helt annen innfallsvinkel ved innhenting av data.

1.3 Mål

Målet for oppgaven er å kartlegge vannforbruket i idrettsbygg, og se hvordan dette samsvarer med de dimensjonerte verdiene. Gruppen skal også forsøke å avdekke mulige vannlekkasjer ved å se på nattforbruk eller annet unormalt vannforbruk. Det å estimere hvor mye vann som går tapt i bygget er en viktig del av denne oppgaven.

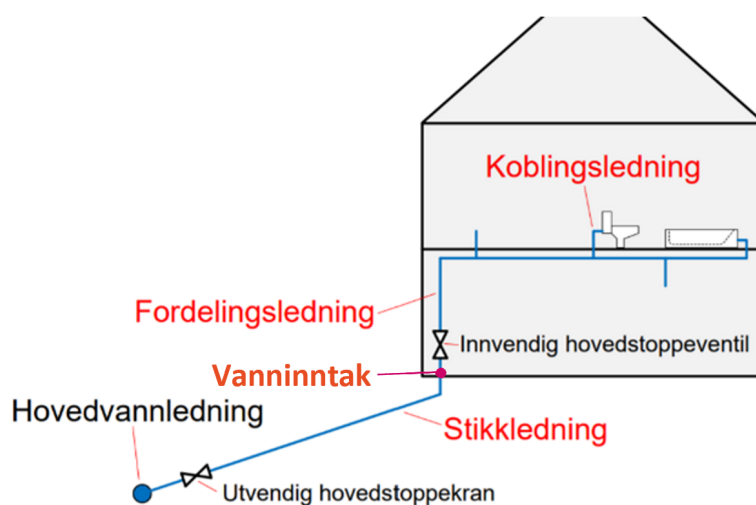
En stor prioritet og et mål gruppen hadde i søken etter en bacheloroppgave, var å kunne samarbeide med en ekstern virksomhet fra næringslivet. Her kommer både SIAT, Apurgo og vår interne veileder som har mye erfaring fra arbeidslivet inn i bildet. Samarbeidet skaper en større arena for faglige diskusjoner og nye innspill fra ulike perspektiver. Dette er også en god plattform for å etablere videre forbindelser ute i næringslivet. I og med at dette er potensielt siste semester for noen av grupped medlemmene, er flere interessert i å se hva arbeidslivet har å by på. Det å jobbe tett med flere virksomheter vil gi alle en liten smakebit.

2 Teori

2.1 Forsyningsledninger

Forsyningsledninger fører vann frem til et tappested og deles inn i fire. En hovedvannledning tilfører vann til alle byggene i et område. Når et nytt hus eller bygg blir satt opp, må det koble seg på denne ledningen. Figur 2.1 viser de ulike forsyningsledningene etter hovedvannledningen.

I 2.1.1 *Stikkledning*, 2.1.2 *Fordelingsledning* og 2.1.3 *Koblingsledning* forklares det nærmere om de tre andre forsyningsledningene.



Figur 2.1: Ledningstyper [28]

2.1.1 Stikkledning

Stikkledning defineres som forbindelse mellom bygning og offentlig/privat hovedvannledning [28]. Ledningen som blir påkoblet hovedvannledningen og deretter går inn i huset kalles for stikkledning. Der stikkledningen kommer inn i bygget kalles for vanninntaket.

2.1.2 Fordelingsledning

Fordelingsledning defineres som forbindelse mellom stikkledning og koblingsledning. En fordelingsledning er selve stammen som fordeler vann ut til de stedene som utstyret skal kobles på. Utstyr kan være servanter, klosetter eller lignende.

2.1.3 Koblingsledning

Koblingsledning defineres som forbindelse mellom fordelingsledning og tappestedet. Koblingsledningen fører vannet ut til ett tappested.

2.2 Standarder

Under gjennomgås det to dimensjoneringsstandarder.

2.2.1 NS 3055:1989

Dimensjonering av ledninger for vann- og avløpsanlegg i bygninger (NS 3055:1989) er en norsk standard. Gjeldende versjon av NS 3055:1989 er fra 1989, og bruker normalvannmengder fra den tiden.

I denne oppgaven benyttes NS 3055:1989 for dimensjonering av vannledninger. Krav til vannmengder tilfredsstilles om vannledningene dimensjoneres etter NS 3055:1989 [16].

NS 3055:1989 er basert på beregning av største samtidige vannmengde etter videreutviklede matematiske modeller fra 1940-tallet [31].

2.2.2 DIN 1988-300:2012

Den tyske standarden DIN 1988-300:2012 bruker en empirisk metode for beregning av største samtidige vannmengde [13]. DIN 1988-300:2012 dimensjonerer også ut ifra bruk av vannbesparende armaturer [32].

Den forrige versjonen av denne standarden er fra 1988 [14], men i 2012 ble den revidert. En viktig del av denne revisjonen var å justere måten man beregnet største samtidige vannmengde på. Revisjonen førte til en reduksjon i største samtidige vannmengde for flere bygg. Det antas å være på grunn av at data og erfaringer gjort på allerede eksisterende bygg, har blitt implementert i metoden.

2.3 Vannforbruk

Under kommer en forklaring av ord og begreper knyttet til vannmengder som senere brukes i oppgaven.

2.3.1 Volumstrøm

I oppgaven er det nødvendig å beregne den faktiske volumstrøm ved et utvalg tappesteder. Volumstrøm kan regnes ut ved å benytte formelen under:

$$\dot{V} = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

Der \dot{V} er volumstrøm [l/s], V er volum [l] og t er tid [s].

2.3.2 Normalvannmengder

Tappested	Normalvannmengder l/s	
	kaldt	varmt
Drikkefontene	0,05	—
Klosettsisterne	0,1	—
Servantbatteri	0,1	0,1
Bidébatteri	0,1	0,1
Tappeventil/slangekran (innendørs)	0,2	0,2
Oppvaskbatteri	0,2	0,2
Batteri til utslagsvask og til skyllekar/vaskekar	0,2	0,2
Dusjbatteri	0,2	0,2
Vaskemaskin til husholdninger	0,2	0,2
Oppvaskmaskin til husholdninger	0,2	—
Badebatteri	0,3	0,3
Hagekran, gårdskran	0,4	—
Spyleventil for urinaler	0,4 ¹⁾	—
Spyleventil for WC	1,3 ¹⁾	—

¹⁾ For flere spyleventiler i serie regnes de øvrige med 0,2 l/s i tillegg som samtidighet. For urinaler regnes det med 0,2 l/s i tillegg per 0,60 m.

Figur 2.2: Normalvannmengder for tappesteder [17]

Normalvannmengder angir fastsatte, rimelige tappevannsmengder for ulike tappesteder [29]. Vannmengdene er gitt i normalreglementet og er bestemt ut ifra gjennomsnittsverdien av brukerens behov. Tappestedets normalvannmengde forutsetter et gitt trykk foran tappeventilen.

2.3.3 Samtidighet

Samtidigheten i et bygg forteller oss hvor stor andel av tappestedene en kan forvente er i bruk samtidig. Samtidigheten varierer ut ifra hva slags type bygg det er, størrelsen på bygget og antall besøkende.

2.3.4 Største samtidige vannmengde

Største samtidige vannmengde er summen av alle normalvannmengder redusert med hensyn på samtidighet.

Beregnes basert på antall tappesteder, forventet samtidighet og deres respektive normalvannmengder.

2.3.5 Tilfeldig og systematisk benyttelse

Ved tilfeldig benyttelse er det hele tiden like stor sjanse for at tappestedet er i bruk. Ved systematisk benyttelse er det større sjanser for at flere tappesteder benyttes samtidig. Typiske eksempler er vaskeri, skolekjøkken og dusjanlegg.

2.3.6 Vannbesparende armatur

Vannbesparende armatur er sanitærutstyr som bruker mindre mengder vann enn ordinære varianter. Ett eksempel kan være en sparedusj. Sparedusjer kan redusere opp mot 50 % av vannforbruket og fungerer ved å blande inn luft i vannet for å øke volumet. Sparedusjer reduserer ikke bare vannforbruket, men også energibehovet for oppvarming av vannet [20]. Noen klosetter har også to spylefunksjoner, en vannbesparende og en normal. Eldre vaske- og oppvaskmaskiner brukte rundt 112 l vann per syklus, mens de i dag bruker langt mindre [11].

2.3.7 Energibehov til oppvarming

Energibehov til oppvarming av forbruksvann, regnes ut ved hjelp av Formel 2.2.

$$E = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

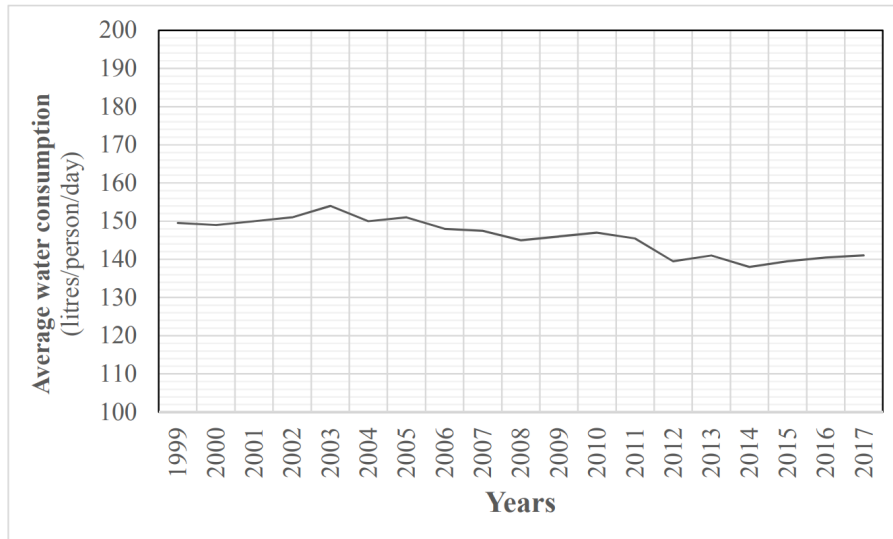
Der E er energibehov [kJ], V er volum [l], ρ er massetetthet til vann [kg/m^3], C_p er varmekapasiteten til vann [$\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$] og ΔT er temperaturdifferansen [$^\circ\text{C}$].

I denne oppgaven antas massetettheten til vann å være lik $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ og varmekapasiteten til å være lik $4,2 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$.

2.3.8 Vannforbruk i verden

I nyere tid har det blitt et økt fokus på å redusere vannforbruket. Det er mange gode grunner til dette. Ved å redusere vannforbruket kan en spare både strøm, penger og ikke minst miljøet [5].

Undersøkelser fra *Norsk Vann* basert på vannmålere i boliger, viser at gjennomsnittlig forbruk per person per dag (l/p/d) i Norge er omtrent 140 l [22]. Figur 2.3 viser hvordan vannforbruket (l/p/d) har endret seg i Storbritannia i perioden 1999 til 2017. Årsaken til reduksjonen er et økt fokus på lavere vannforbruk [21]. Ut ifra figuren ser en at Storbritannia har et tilsvarende gjennomsnittsforkbruk som Norge, mens for eksempel Danmark har i overkant av 100 l/p/d gjennomsnittsforkbruk [6].



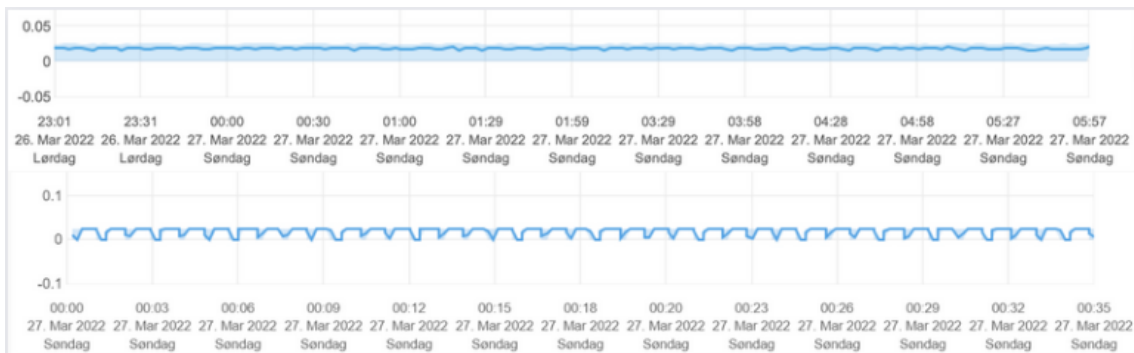
Figur 2.3: Gjennomsnittlig vannforbruk (l/p/d) i Storbritannia [7]

Vannforbruket i Tyskland lå på 121 l/p/d, mens det var 120 l/p/d i Finland og Nederland [4]. Disse verdiene er hentet fra 2010 til 2012 og er antagelig noe lavere i dag. Likevel ser man at Norge ligger på toppen når det kommer til vannforbruk blant disse landene.

2.4 Lekkasje

For lekkasjesøk brukes Apurgos overvåkningssystem i kombinasjon med samtaler med driftspersonell hos byggene.

En “vanlig” lekkasje vil i overvåkningssystemet vises som en rett linje. Et klosett som renner vil ofte ha et mønster hvor vannforbruket går litt opp og ned. Apurgo nevner at et klosett som renner vil i snitt tilsvare 0,03 l/s og to klosetter vil tilsvare 0,07 l/s. Volumstrøm for rennende klosett er erfaringstall de har opparbeidet seg. Figur 2.4 viser nattforbruket av et klosett som renner og hvordan mønsteret på vannforbruket pulserer ved høyere oppløsning.



Figur 2.4: Vannforbruk mønster: Klosett som renner

2.5 Dimensjonering av rør

Dimensjonering av rørsystem kan gjøres ved hjelp av en forenklet metode eller trykktapsmetoden. Begge metodene baserer seg på normalvannmengder og største samtidige vannmengde. I denne oppgaven er det kun forenklet metode som ses på. Riktig dimensjonering er viktig for å oppnå tilstrekkelig mengde og tilfredsstillende trykk til å dekke vannbehovet for bygget [16]. Andre dimensjoneringsfaktorer en må ta hensyn til er korrosjon, støy, trykkstøt og ventetid. I denne oppgaven er det kun dimensjonering av forsyningsledninger som er aktuelt.

2.5.1 Forenklet metode

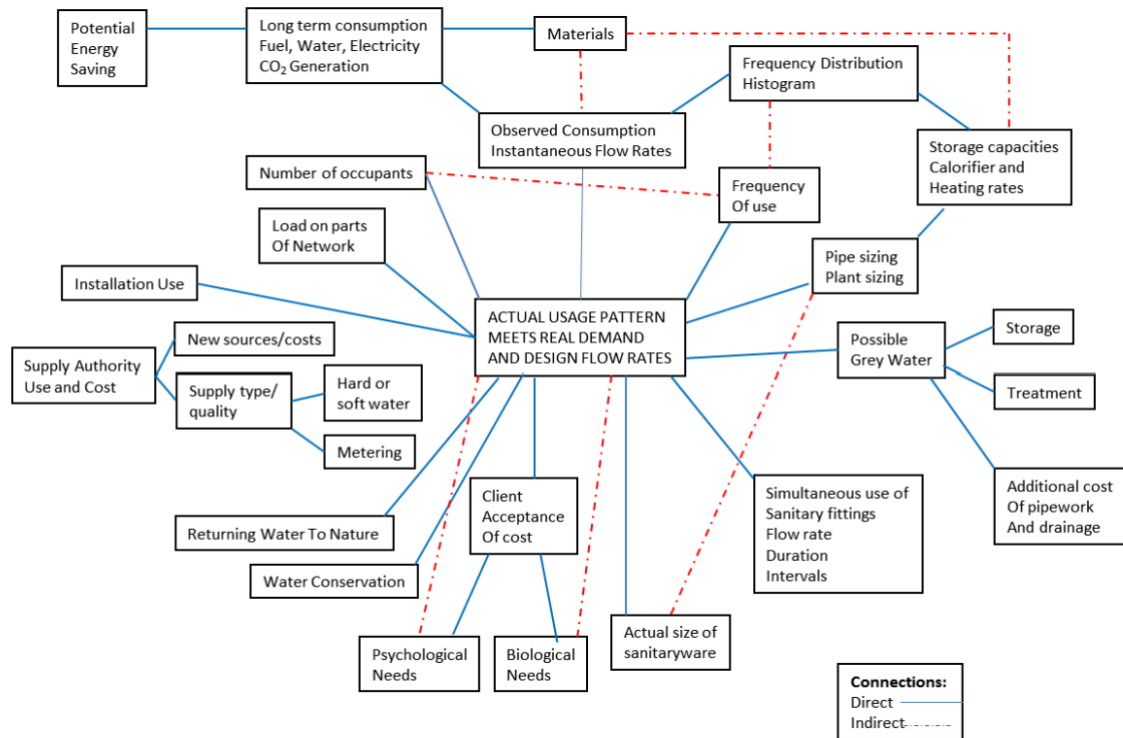
Forenklet metode for dimensjonering er kostnadsbesparende og kan være nyttig for overslagsberegning [28].

Utvendig diameter		Innvendig diameter		Største samtidige vannmengde q l/s
mm 1	tommer 2	mm 3		
12	1/2	10,0	9,5	0,2
15	5/8	12,6	12,7	0,4
18	3/4	15,6	15,9	0,5
22		19		0,6
28	1	22,2		0,85
		25		1,1
35	1 1/4	27,8		1,5
		31		1,8
42	1 1/2	34,1		2,1
		38		2,8
	1 3/4	40,5		2,9
	2	46,8		3,7
54		50		4,5
	2 1/4	52,1		4,7
	2 1/2	58,5		5,9
	3	71,1		8,0

Figur 2.5: Belastning for stikkledning av kobberør uten avsetning [18]

For stikkledning av plast brukes innvendig diameter og Figur 2.5.

Ulempen med forenklet metode er at man kan få et over- eller underdimensjonert rørsystem. Hvorfor dette kan bli et problem forklares nærmere i 2.5.2 *Overdimensjonering* og 2.5.3 *Underdimensjonering*. Figur 2.6 viser flere elementer som spiller inn på dimensjonering av rørledninger. Viktigheten av de ulike faktorene varierer ut ifra type bygg og bruk.



Figur 2.6: Dimensjoneringsfaktorer [12]

2.5.2 Overdimensjonering

Overdimensjonering av rørsystem gir ikke bare større rørdimensjoner, men akkumulatortanker, pumper og varmtvann (VV)-beredere blir også større. En overdimensjonering gir med andre ord ekstra kostnader og mer energibruk [21]. En vil også oppleve et større varmetap for VV-systemer og en mindre effektiv drift sammenliknet med et riktig dimensjonert rørsystem. Større rørdimensjoner gir lavere vannhastigheter som kan føre til stillestående vann og det kan gi problemer med kvaliteten på drikkevannet [30]. Se 2.6 *Legionella* for mer om stillestående vann.

For rørleggeren sin del vil mindre dimensjoner forenkle arbeidet og det vil gjøre installasjonen rimeligere. Servicer er også en relevant kostnad om rørsystemet er overdimensjonert. Sanitæranlegg som er overdimensjonert vil som nevnt kreve større komponenter. Større komponenter gjør at servicen blir dyrere da reservedelene er dyrere og kan ellers være krevende å utføre for en rørlegger.

2.5.3 Underdimensjonering

En underdimensjonering kan derimot gi store praktiske konsekvenser. I et underdimensjonert sanitæranlegg kan en ved høy samtidighet oppleve utilstrekkelig vanntilførsel. Å øke dimensjonen i etterkant vil som regel kreve omfattende bygningsmessige inngrep og økonomiske ressurser [33]. For små dimensjoner kan også føre til at tappesteder ikke fungerer som de skal. En kan oppleve både støyproblemer og korrosjon på kobberør og messingdeler. Mindre dimensjoner gir dog redusert investeringskostnad, varmetap, ventetid på VV og ved rør-i-rør-system er det lettere utskiftbart [34].

2.5.4 Brannslanger

Ved dimensjonering må en påse at brannslangene krever en innvendig diameter på tilførselsledningen lik 25 mm, se [8]. Av Figur 2.5 gir en innvendig diameter på 25 mm en vannmengde på 1,1 l/s. Når en dimensjonerer tas det forbehold om at det maksimalt brukes to brannslanger [25]. Med dette utgangspunktet må stikkledningen ha en dimensjon som kan håndtere en volumstrøm på 2,2 l/s. En slik vannmengde krever av Figur 2.5 en minste utvendig rørdimensjon på 42 mm på stikkledningen. Denne dimensjonen vil derfor være bunnlinjen for alle sanitæranlegg som har to eller flere brannslanger montert.

2.6 Legionella

Bakterien tilføres bygget gjennom forsyningsledninger og anses ikke som farlig før den formerer seg. Antallet legionellabakterier kan øke kraftig i vannrør og andre fuktige innretninger. Spesielt når temperaturen i vannet er mellom 20 og 50 °C, og når vannet er stillestående eller saktestrømmende [9].

Legionella smitter via aerosoler som innebærer inhalering av små vanndråper som pustes ned i lungene. For å bekjempe legionella kreves det rensing og desinfisering av rørsystemet. Tradisjonelle løsninger er hettvannsspyling, UV-bestråling, membranfilter, klorgassinjeksjon, kjemisk rens med mer. Gjennomspyling er også en løsning som gjøres for å unngå stillestående vann. Flere dusjbatterier har en slik løsning, hvor dusjen skrur seg på av seg selv etter 12 og 24 timer fra den sist var påslått.

Det presiseres at gjennom- og hettvannsspyling ikke er det samme. Ved en hettvannsspyling benyttes vann over 70 °C og hele rørstokken tømmes. En gjennomspyling er ofte over et kortere tidsintervall, der tidsintervallet gjerne er det samme som ved normal bruk av tappestedet.

Apurgo har et vannbehandlingssystem som benytter sølv- og kobberioner for å forebygge legionellavekst [3]. På denne måten trenger en ikke andre metoder for å forebygge legionellavekst og en kan derfor senke temperaturen på VV til rundt 50 °C. Sølv- og kobberioner har dog en nøytraliserende effekt på klor i vann og derfor benyttes ikke Apurgos vannbehandlingssystem på vann som skal til basseng.

3 Metode

I denne delen beskrives de ulike metodene som er brukt ved innhenting av data. Ved å benytte metodene oppnår man et bedre overblikk over bruken til de utvalgte byggene.

3.1 Arbeidsforløp

Etter valgt bacheloroppgave ble det avtalt med ekstern veileder Bjørn Aas å arrangere et møte med samarbeidsbedriften Apurgo. Under møtet ble gruppen oppdatert på hva Apurgo ønsker av oppgaven og hvordan systemet deres fungerte. På møtet ble det også avtalt at gruppen skulle få lesertilgang til deres overvåkningssystem. Apurgo tildelte totalt 20 idrettsbygg på forskjellige steder i landet. Ved hjelp av Apurgos overvåkningssystem ble antallet redusert ved å avlese veldig nøyaktige fremstilte data.

Ved oppsøking av relevant litteratur ble det anbefalt å se nærmere på SINTEF-rapport *Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg* [35]. Denne rapporten inneholdt mye informasjon om overestimering av største samtidige vannmengde og er av den grunn brukt ofte. En del av artiklene rundt er hentet fra *Heriot Watt University* i Edinburgh, Skottland. Ved dette universitetet er det blitt gjort en del forskning rundt overestimering av vannebehov. Det har også blitt delt erfaringer underveis med forskere fra nevnt universitet.

3.2 Befaringer

Det ble gjennomført befaringer på flere bygg. Før utreise måtte det gis tillatelse fra Apurgo om å ta kontakt med driftspersonell ved byggene, før en kunne avtale befaringer. Det anså Apurgo som essensielt, da de ville sikre og verne personvernsinformasjon til kundene og generell drift av bygget. Det ble laget en sjekklister i forkant av befaringene, for å sikre at man fikk med seg all nødvendig informasjon og data.

I samråd med ekstern veileder og Apurgo har det blitt valgt å anonymisere byggene. Det er lagt vekt på at resultatene ikke skal kunne spores til enkeltbygg.

Under befaringene ble gruppen møtt av ansvarlig driftspersonell. De var svært hjelpsomme og viste gruppen rundt på byggene. De stilte seg også disponible til å svare på eventuelle spørsmål. Det kunne for eksempel være om nattforbruk, den generelle driften av sanitæranlegget, aktivitetsnivå og så videre.

Det ble ikke gjennomført befaringer på alle byggene. Basert på relevansen og interessen, ble det gjort en vurdering på hvilke av byggene som var verdt å se nærmere på. Det vil ikke være tid til å se og reise ut til alle byggene, da flere av byggene krever lengre kjøreturer og mye planlegging. Selv om bygget ikke viste spesielt interessante funn for oppgaven, er det enda spennende i seg selv å se på et sanitæranlegg. Disse byggene vil kunne sette en standard for hvordan et godt sanitæranlegg burde være.

3.2.1 Bøttetesten

Bøttetesten ble gjort på flere dusjanlegg for å måle volumstrøm. Metoden går ut på å stå under dusjen med en bøtte, og deretter måle hvor stor vannmengde som ender opp i bøtten. Det ble også målt over hvor lang tid dusjen sto på, siden dusjanlegg på idrettsbygg ofte går på tidsintervaller. Volumstrømmen ble regnet ut ved å bruke Formel 2.1.

Det ble gjort flere tester med én dusj, deretter samme test med høyere samtidighet (som oftest 60 % og 100 %). Antall tester varierte mellom tre eller fem gjennomføringer, avhengig av om det ble store forskjeller mellom hver test. Årsaken til at testene ble gjort med ulik samtidighet var for å fremstille et normalt bruksmønster hos sanitæranleggene. Antall dusjer ligger under hvert bygg i 4 *Resultat og diskusjon*.



Figur 3.1: Bøttetest

Resultatene fra bøttetesten vil si noe om volumstrømmene stemmer overens med normalvannmengdene gitt i NS 3055:1989, og da om man muligens overestimerer største samtidige vannmengde.

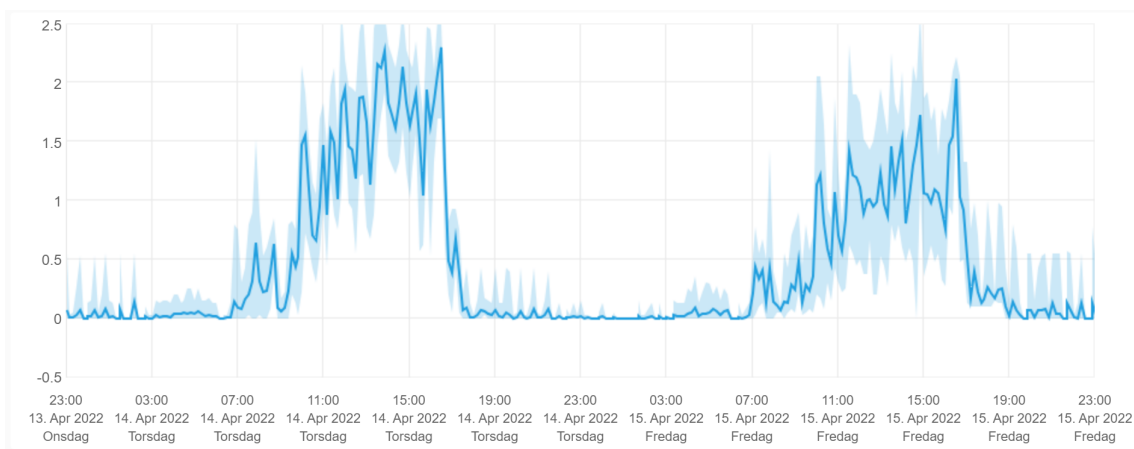
Alle resultatene finnes i Vedlegg *A Resultater*.

3.3 Vannforbruk

Ved kontroll av dimensjonering ved byggene gjøres det en vurdering basert på kartlegging av maksimale volumstrømmer, døgnforbruk, antall tappesteder og størrelse på bygget. Forsyningssikkerhet er også noe som må vurderes i hvert enkelt tilfelle, med tanke på brannslanger, fremtidig bruk og husing av større arrangementer. Ut ifra dette vurderes det om bygget er overdimensjonert eller ikke.

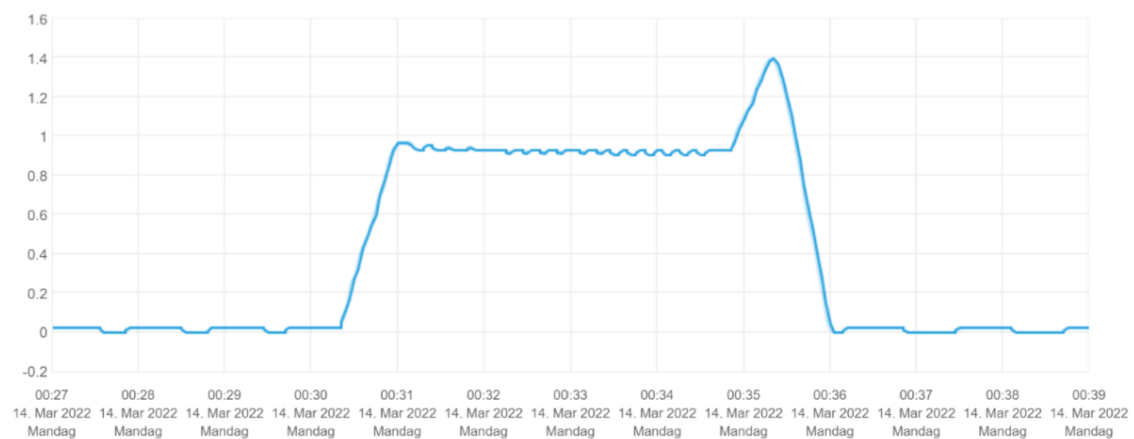
Apurgos vannbehandlingssystem inneholder en vannmåler. Datablad for vannmålerene Apurgo bruker ligger i Vedlegg *I Datablad vannmåler: Sensus Meistream* og *J Datablad vannmåler: Elster M100i*. Vannmåleren laster opp sanntidsdata og beholder historiske data for vannforbruket til alle byggene

den er installert i. Figur 3.2 viser hvordan historiske data legges frem i overvåkningssystemet. x-aksen viser dag, dato og klokkeslett, mens y-aksen viser forbruket målt i l/s. Fra overvåkningssystemet kan man eksportere data i csv-filer. Den lyseblå skyggen viser variasjonen rundt den mørkeblå linjen.



Figur 3.2: Eksempel på diagram fra Apurgos overvåkningssystem

En direkte vannlekkasje ville blitt vist i Apurgos overvåkningssystem som en jevn, kontinuerlig linje med nokså konstant volumstrøm. En spyleprosess ville ha blitt vist som et hopp i grafen over tidsrommet det gjennomføres på. Etter prosessen skal forbruket gå ned til 0 l/s igjen (gitt at det ikke er lekkasjer i bygget). Til tross for at det ikke defineres som en direkte lekkasje, vil det fortsatt være relevant med tanke på at det kan være et unødvendig vannforbruk. Se Figur 3.3 for eksempel på vannforbruket under en spyleprosess.



Figur 3.3: Eksempel på rensesprosess (hettvannsspyling av dusjer)

3.3.1 Døgnforbruk

For døgnforbruk ble det hentet ut data over en seksukersperiode fra 04.01.2022 til 15.02.2022.

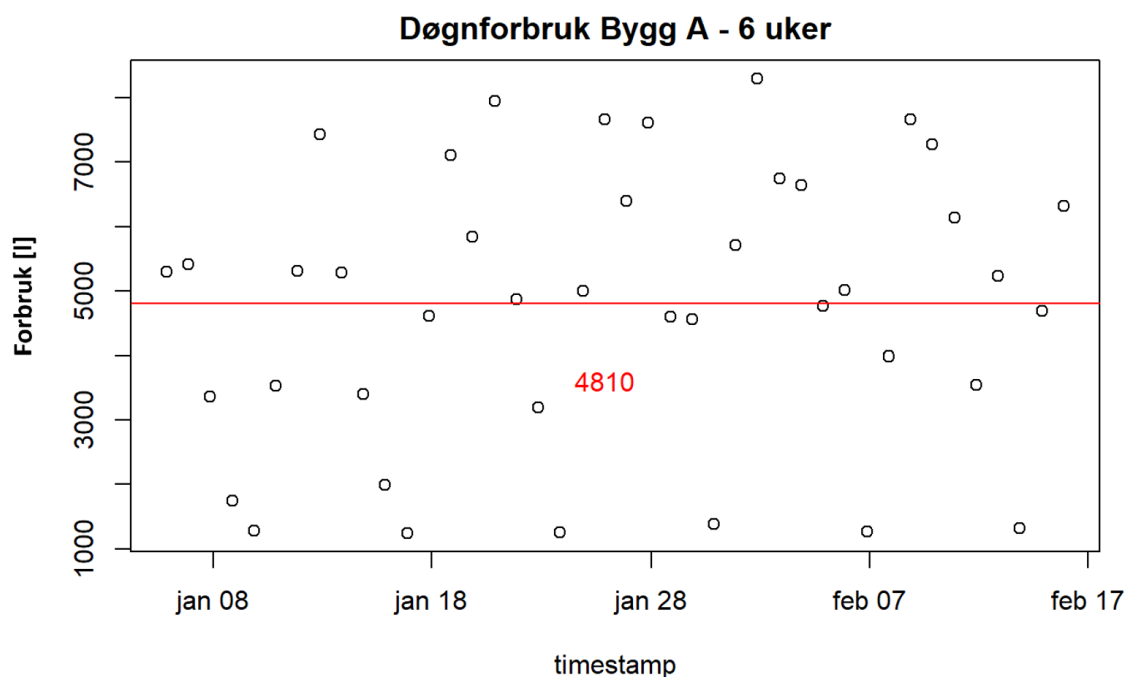
For analysering, behandling og plotting av måledata ble programmet *RStudio* brukt. RStudio gjør det enkelt å importere csv-filer med store mengder rådata. Deretter behandles og fremstilles dataen. csv-filer ble eksportert fra Apurgos overvåkningssystem og inneholdt måledata over samme seksukersperiode som nevnt tidligere. I csv-filen finner man tidspunkt, minimumsverdi og maksimumsverdi for vannforbruk og en gjennomsnittsverdi for tiden mellom tidspunktene. Målingene som brukes i denne oppgaven er i all hovedsak over seks uker. Da får man datapunkter for hver andre time. Figur 3.4 viser hvordan csv-filen etter eksportering så ut. Om man velger å eksportere data over et kortere tidsrom, for eksempel et døgn, vil man kunne se datapunkter for hvert femte minutt.

Koden som ble brukt i RStudio med forklaringer ligger i Vedlegg C *RStudio kode*.

	A	B	C	D	E
1	tagname	timestamp	average	min	max
2	A1.Flow.InLe	04.01.2022 19:00	0.041496820	0	0.525
3	A1.Flow.InLe	05.01.2022 01:00	0.023084544	0	0.425
4	A1.Flow.InLe	05.01.2022 07:00	0.143880715	0	1.30769
5	A1.Flow.InLe	05.01.2022 13:00	0.063368130	0	0.89
6	A1.Flow.InLe	05.01.2022 19:00	0.026765030	0	0.384615
7	A1.Flow.InLe	06.01.2022 01:00	0.021402154	0	0.4
8	A1.Flow.InLe	06.01.2022 07:00	0.101446477	0	1.23077
9	A1.Flow.InLe	06.01.2022 13:00	0.111015955	0	1.38462
10	A1.Flow.InLe	06.01.2022 19:00	0.028016772	0	0.525
11	A1.Flow.InLe	07.01.2022 01:00	0.021747182	0	0.3
12	A1.Flow.InLe	07.01.2022 07:00	0.099455258	0	0.975
13	A1.Flow.InLe	07.01.2022 13:00	0.029124992	0	0.641026
14	A1.Flow.InLe	07.01.2022 19:00	0.017316912	0	0.05
15	A1.Flow.InLe	08.01.2022 01:00	0.017319660	0	0.025641

Figur 3.4: Måledata fra Apurgo-overvåkningssystemet eksportert til csv-fil

Figur 3.5 er et eksempel på hvordan døgnforbruket legges frem. Det gjøres for å danne et bilde av det generelle vannforbruket til bygget. Figuren forklares her: x-aksen viser dato, og y-aksen viser total vannmengde målt i liter. Den røde linjen viser gjennomsnittsverdi per natt for hele seksukersperioden. Om vannforbruket var null en natt vises ikke denne som et punkt på diagrammet, men den tas med i utregningen av gjennomsnittet.



Figur 3.5: Eksempel på døgnforbruk

3.3.2 Nattforbruk

For å avdekke vannlekkasjer ses det på vannforbruk som er utenfor normalen. Ved idrettsbygg vil en se et mer kontinuerlig vannforbruk gjennom hele åpningstiden og det er vanskelig å trekke konklusjoner ut ifra det. Det ble derfor tatt utgangspunkt i vannforbruket etter stengt tid for å avdekke eventuelle lekkasjer eller unødvendig vannforbruk. Tidsrommet 23:00 til 05:00 (driftstiden/angitt alarmgrense varierer med byggene) blir da aktuelt, siden bygget skal ikke i utgangspunktet være i bruk. Merk, noen av byggene hadde for eksempel automatiske spyleprosesser etter stengt tid og dette måtte tas høyde for der det var aktuelt. For nattforbruk ble i hovedsak tidsrommet 23:00 til 05:00 benyttet, med mindre noe annet er spesifisert.

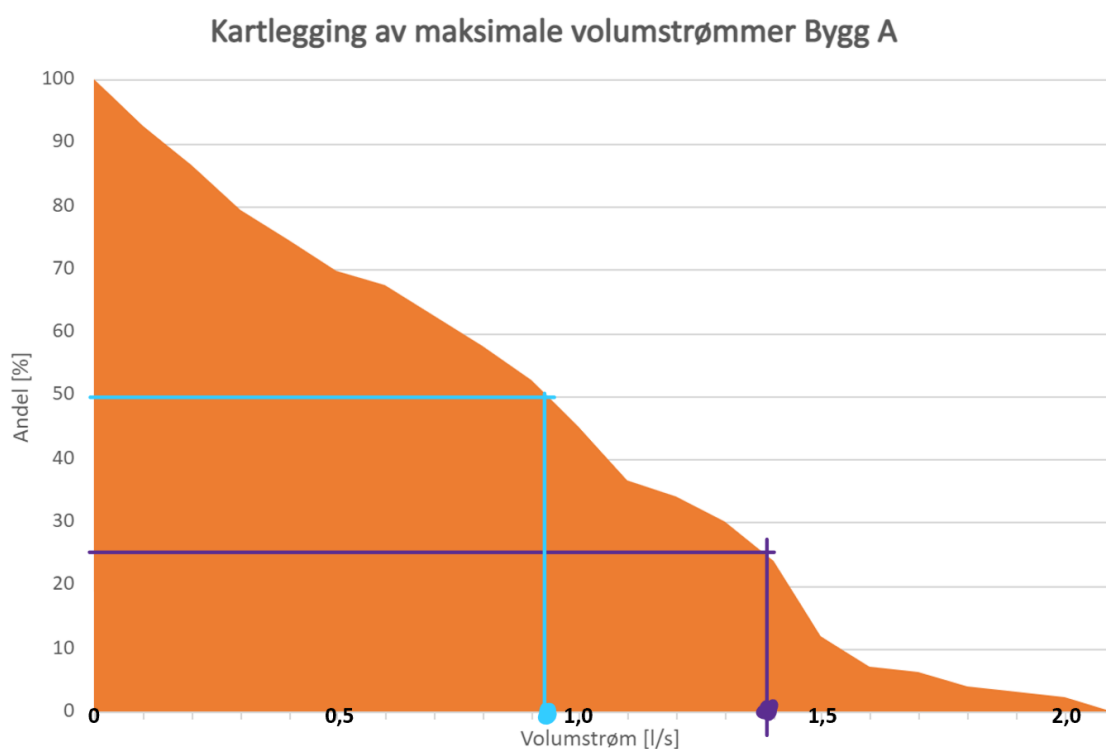
For nattforbruk lages det også et likt diagram som for døgnforbruk. Koden er lik, med unntak av linje 48 og 59. I linje 48 står det kun "23:00:00", "01:00:00" og "03:00:00", da det er dette som er data for netter. I linje 59 står det "03:00:00" og ikke "21:00:00". Koden er vedlagt og finnes i Vedlegg C *RStudio kode*.

3.3.3 Kartlegging av maksimale volumstrømmer

For kartlegging av maksimale volumstrømmer ble det hentet ut data fra seksukersperioden. Dataen blir eksportert over i en csv-fil og behandles i *Microsoft-Excel*.

Figur 3.6 viser eksempel på hvordan målingene legges frem. En slik figur lages for alle byggene og forklares her: På x-aksen vises det ulike verdier for volumstrømmer, og på y-aksen vises det prosentvis andel. Figuren skal forstås slik at ved en volumstrøm x , ligger y % av totalt antall målinger over x l/s. For figuren betyr det at omtrent 50 % av målingene ligger over 0,9 l/s og at omtrent 25 % av målingene ligger over 1,4 l/s. Den kan også tolkes som at 50 % av målingene ligger under 0,9 l/s og at omtrent 75 % av målingene ligger under 1,4 l/s.

Det er viktig å understreke at målingene som blir brukt her er maksimumsverdier for hver andre time over seksukersperioden



Figur 3.6: Eksempeldiagram for maksimale volumstrømmer

3.3.4 Lekkasjeovervåkning

I Apurgos overvåkningssystem har de en egen del for lekkasjeovervåkning for hvert enkelt bygg. Denne skiller mellom to forskjellige vannlekkasjealarmer:

1. Vannlekkasje - Alarm 1: Her angis ønsket alarmgrense og forsinkelse. Alarmen aktiveres dersom vannmengdene har overskredet angitt vannmengde, sammenhengende over lengre tid enn angitt alarmforsinkelse, innen aktivt tidsrom. De angitte og aktuelle vannmengdene blir da volumstrømmen målt i l/s.
2. Vannlekkasje - Alarm 2: Her angis ønsket alarmgrense. Alarmen aktiveres om den totale vannmengden har overskredet angitt vannmengde, innen aktivt tidsrom. De angitte og aktuelle vannmengdene blir da den totale vannmengden målt i liter.

Alarmene kan bli aktivert av nattforbruk, døgnforbruk som avviker fra normalen, kontinuerlig vannforbruk (forbruket går aldri ned på 0 l/s) og ved låst vannforbruk (uforandret). Alarmsystemet er et godt tilleggs- og hjelpeverktøy, men det må også ses på forbruk som ikke blir plukket opp av vannlekkasjealarmene. Disse diskuteres videre med driftspersonell. De angitte grensene er basert på erfaring. Noen av grensene tar ikke hensyn til forskjellige spyleprosesser.

Det er nødvendig å undersøke og underbygge de forskjellige potensielle vannlekkasjene. God kommunikasjon med driftspersonell hos bygget og Apurgo blir essensielt for å avklare mulige årsaker og unngå misforståelser. Selv om vannlekkasjealarmer oppstår i systemet kan det være noe annet enn en faktisk vannlekkasje. Se Figur 3.7 for oppsett og utseende av lekkasjeovervåkningssystemet.



Figur 3.7: Apurgos eksisterende lekkasjeovervåkningssystem

3.4 Utstysrliste

I tabellen under ligger en oversikt over utstyr som er brukt i oppgaven.

Utstysrliste:
Bøtte (10 l)
Litermål (1 l)
Mobiltelefon (stoppeklokke og kamera)
Skyvelære
Vannmåler i Apurgos vannbehandlingssystem



Figur 3.8: Diverse utstyr: to typer vannmålere, skyvelære og bøtte

4 Resultat og diskusjon

I denne delen finner man en sammenstilling for hvert enkelt bygg som ble sett nærmere på i oppgaven. Som nevnt i *1.2 Begrensninger*, ble det ikke gjennomført befaringer på alle byggene. Grunnet oppgavens omfang og mangel på informasjon, vil det vurderes og drøftes om bygget er overdimensjonert og eventuelt hvorfor.

Det vil drøftes basert på: resultater fra befaringer, samtaler med driftspersonell, data og funn i Apurgos overvåkningssystem og med sentral informasjon om byggene. Her vil det legges frem nødvendig informasjon om bygget for å få frem hvordan bygget brukes, hva det brukes til og hvor mye det brukes. Det vil bli sett mest på dusjanleggene, da det er disse som ofte opplever høy samtidighet. Det vil også legges frem diagrammer som viser døgnforbruk, nattforbruk og en oversikt over maksimale volumstrømmer.

4.1 Bygg A

Bygg A er en flerbrukshall med svømme- og idrettshall som sto ferdig oppført i 1972. Bygget har et gulvareal på $4\,550\text{ m}^2$. Bygget var gjennom en renovering av indre og ytre fasade i 2021. I tillegg ble Apurgos vannbehandlingssystem installert på teknisk rom, men forsyningsledninger ble ikke fornyet. Bygget benyttes ofte i forbindelse med gymtimer for den lokale skolen og barnehagen, samt andre innendørsaktiviteter. Det samme gjelder for svømmehallen som tilbyr hallen til svømmeopplæring for skoler og barnehager, samt fellesbad-tilbud på kveldstid og i helgene. Svømmehallen er $12,5\text{ m} \times 12,5\text{ m}$. Bygget benyttes også til andre arrangementer som konserter, mønstringer og messer. I kjelleren er det også et kommunalt treningssenter. Bygget har altså regelmessig aktivitet til faste tider.

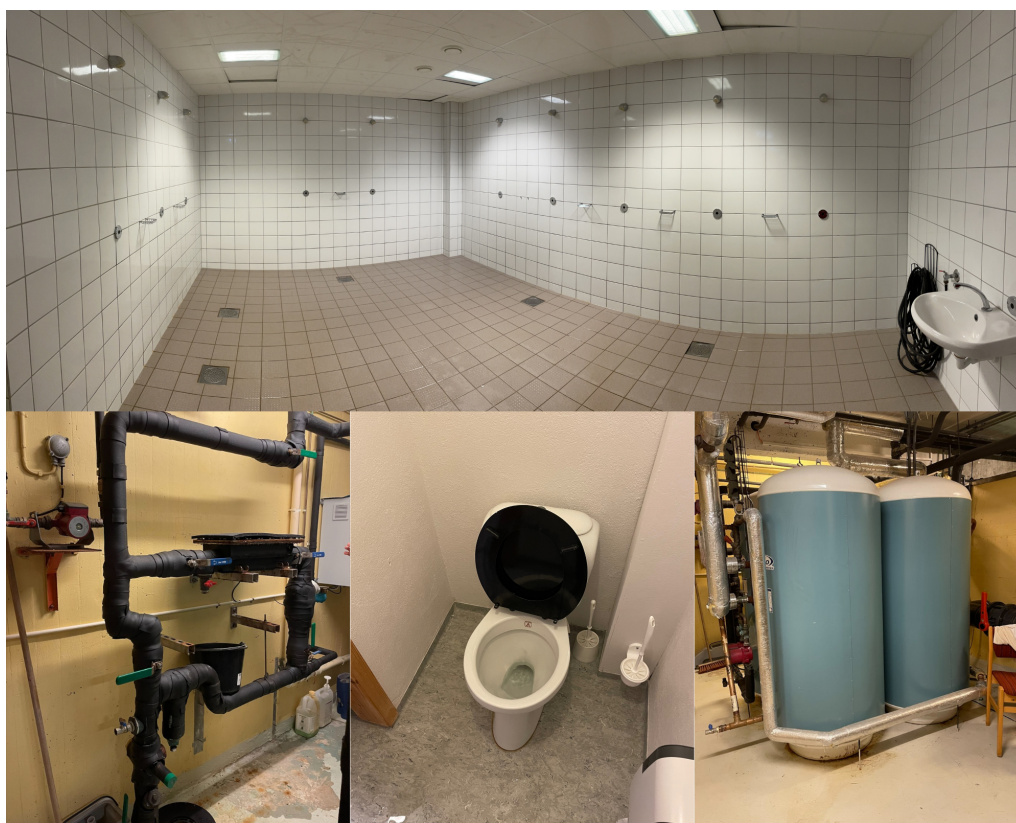
Bygget var utstyrt med fire større garderober, der to og to (herre- og damegarderobe) var tilknyttet henholdsvis svømme- og idrettshall. De to garderobene til svømmehallen var identiske, og besto av dusjanlegg med ti dusjer, et klosett, to servanter og instruktør-/lærergarderobe med hvert av de nevnte tappestedene. I de to andre garderobene til idrettshallen var det ti og tolv dusjer til henholdsvis herre- og damegarderobe, med tilhørende klosett og servant. Garderobene var utstyrt med sensorstyrte sparedusjer som gikk i et gitt tidsintervall. Se Tabell 4.1 for antall tappesteder.

Det ble gjennomført en befarings på bygget torsdag 03. mars 2022.

Tabell 4.1: Tappsteder Bygg A

	Bygg A					
Tappsted:	Dusj	Klosett	Servant	Hageslange	Pissoar	Vaskemaskin
Antall:	47	19	34	1	2	1
Totalt:	104					

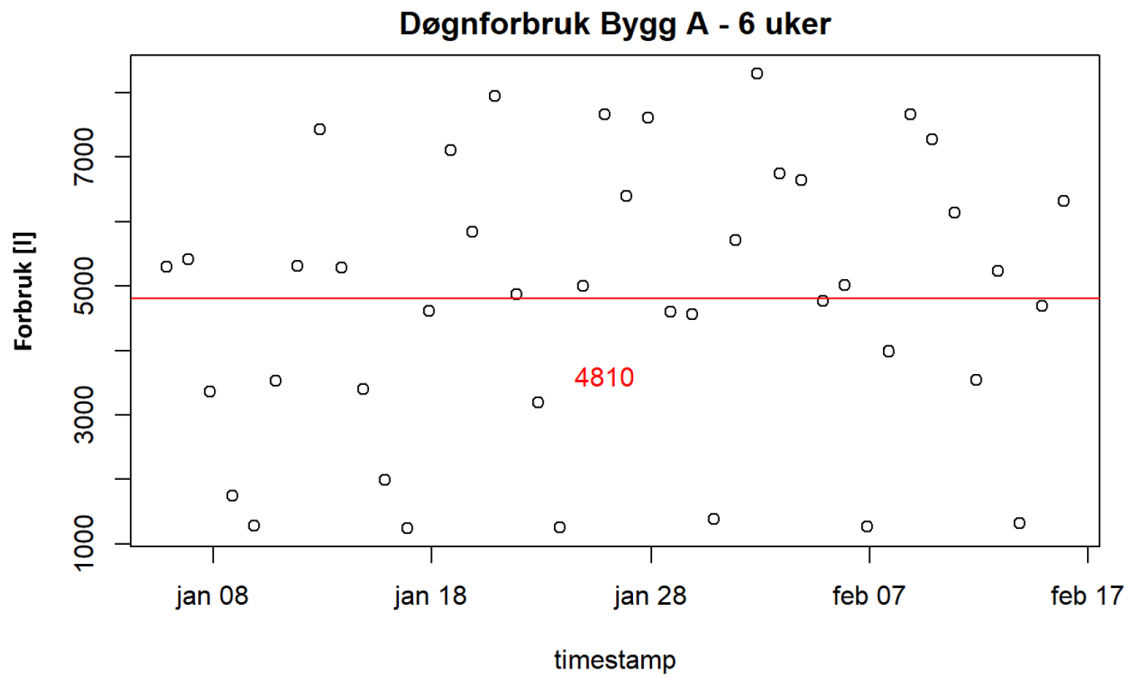
I Bygg A var det fire VV-beredere på 550 l av typen *OSO 17 RE-600* samt en mindre bereder på 116 l av typen *OSO UTJ 120 1 2 kW*. Se Figur 4.1 for diverse utstyr.



Figur 4.1: Dusjanlegg, Apurgos vannbehandlingssystem med vanninntak, rennende klosett og VV-beredere Bygg A

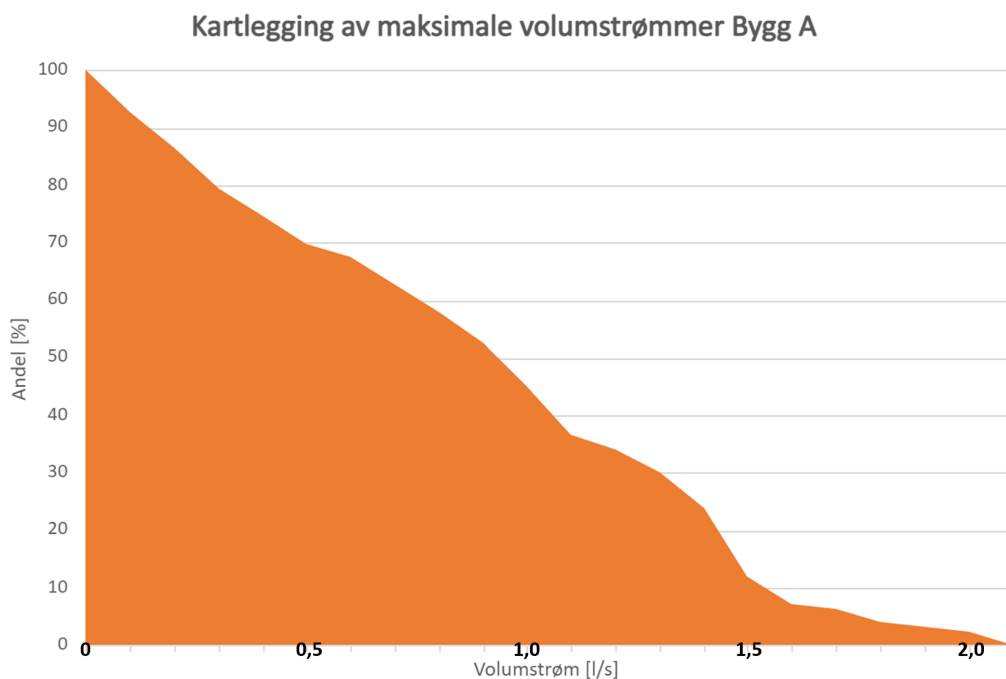
4.1.1 Vannforbruk

Figur 4.2 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.



Figur 4.2: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg A

Stikkledningen på Bygg A hadde en utvendig dimensjon på 54 mm (kobberør). Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 4,5 l/s. En oversikt over faktiske vannmengder over seksukersperioden er lagt frem i Figur 4.3. Hvordan denne figuren skal tolkes er forklart i 3.3.3 Kartlegging av maksimale volumstrømmer.

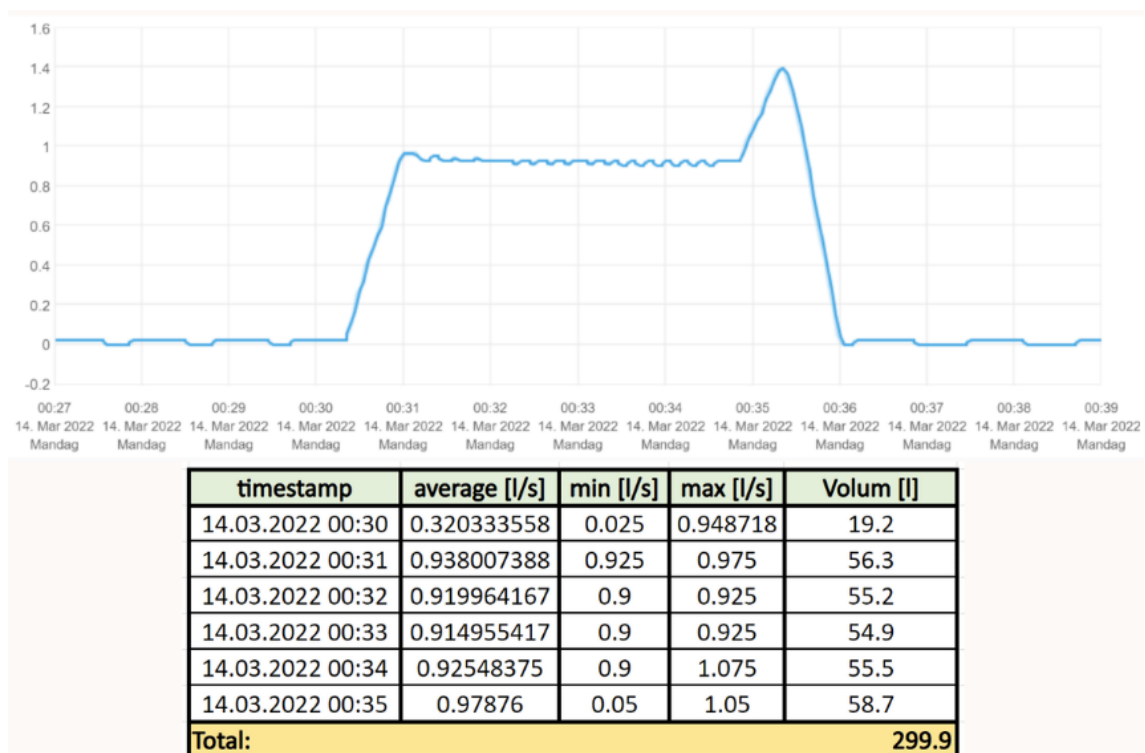


Figur 4.3: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg A

Den høyeste registrerte verdien over de seks ukene var på 2,03 l/s som er under halvparten av hva stikkledningen er dimensjonert for. Bygg A hadde flere brannskap, men ikke noe storkjøkken eller lignende som kunne trenge mye vann på en gang. Det er derfor grunn til å tro at Bygg A er overdimensjonert.

4.1.2 Nattforbruk

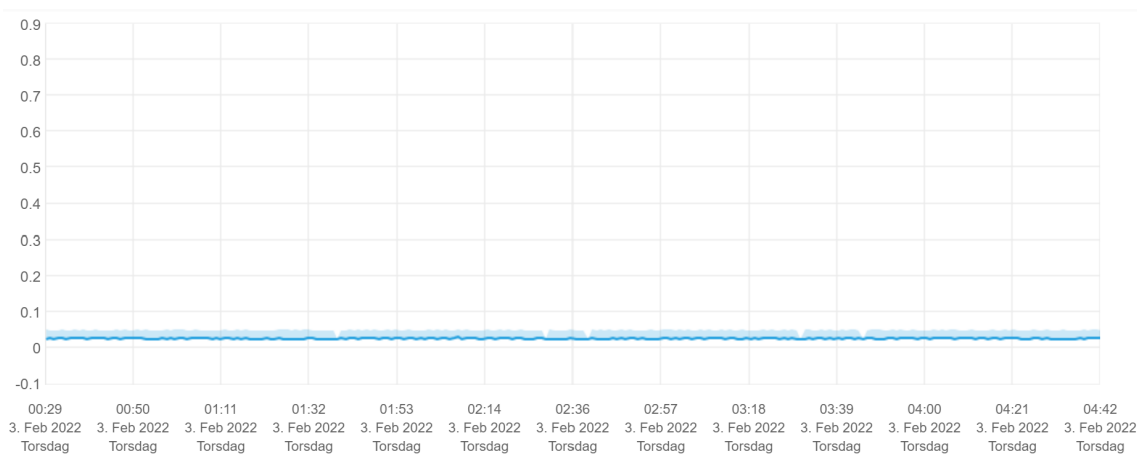
Etter samtale med ansvarlig driftspersonell kom det frem at det ikke skulle være noe nattforbruk. Unntaket var natt til mandager da det ble gjennomført hettvannsspyling av dusjanleggene. Spylingen skjedde i tidsrommet 00:30 til 00:35, se Figur 4.4 for mønsteret til spyleprosessen samt forbruket av det. Hettvannsspylingen slo også ut vannlekkasjealarmer i Apurgos overvåkningssystem (Alarm 1, se forklaring i 3.3.4 *Lekkasjeovervåkning*). Hettvannsspylingen foregår heller ikke med vanntemperatur over 70 °C, slik hettvannsspyling normalt gjøres. Spylingen skjer hver uke med et forbruk på 300 l. Denne vannmengden tilsvarer et årlig forbruk på 15 600 l. Forbruket er helt unødvendig da Apurgos vannbehandlingssystem fjerner risiko for legionella. Legionella er som nevnt i 2.6 *Legionella* årsaken til at hettvannsspyling gjennomføres. Alt av nattforbruk som skjer utenom hettvannsspylingen betraktes som lekkasjer.



Figur 4.4: Hettvannsspyling natt til mandag og forbruket Bygg A

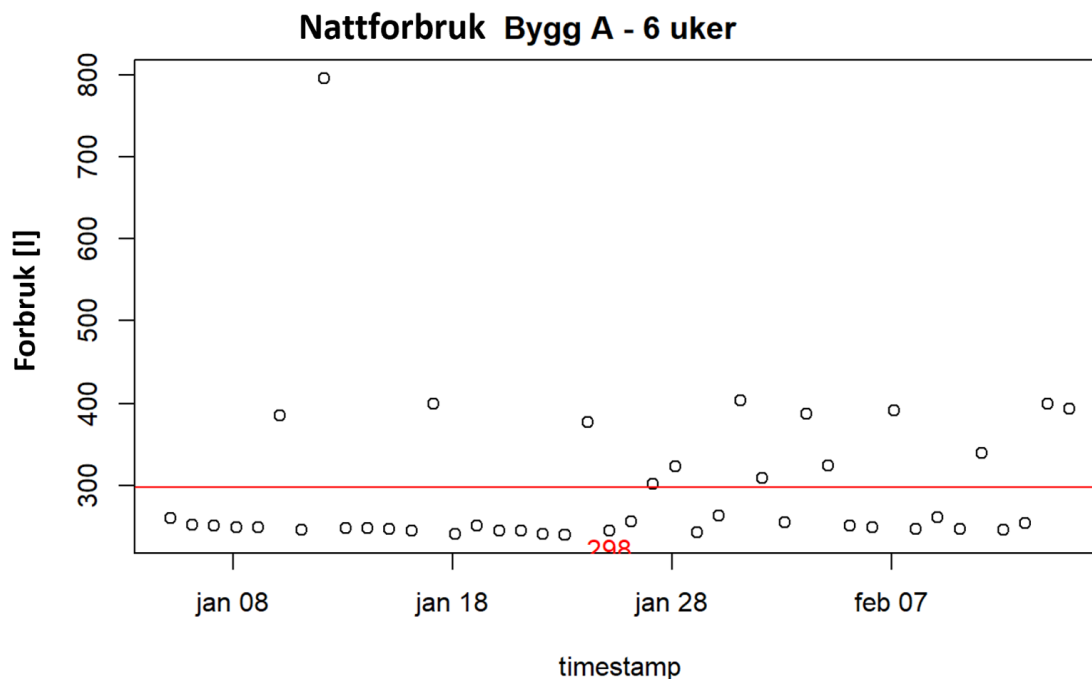
Det ble også nevnt i samtalen med driftspersonell at siden bygget er eldre, observerte de ofte tilfeller der klosetter sto å rant. Et rennende klosett ble også oppdaget under befaringen på et av klosettene tilknyttet svømmehallen (se Figur 4.1). Det kom frem at disse kan stå over lengre tid før det blir oppdaget og utbedret. Som nevnt i 2.4: *Lekkasjer*, vil et rennende klosett resultere i en gjennomsnittlig volumstrøm på omtrent 0,03 l/s. Om et rennende klosett står en stund, kan det gå mye vann tapt tilsynelatende uoppdaget.

I Figur 4.5 ser en et forholdsvis kontinuerlig vannforbruksmønster på nattestid, som gir en indikasjon på at dette er en lekkasje. Figuren viser natt til torsdag 3. februar og forbruket var identisk hele natten. Her ser en et kontinuerlig vannforbruk på omtrent 0,025 l/s. Mønsteret går igjen omtrent hver natt i lengre perioder og viser akkurat hva som ville blitt observert for et rennende klosett.



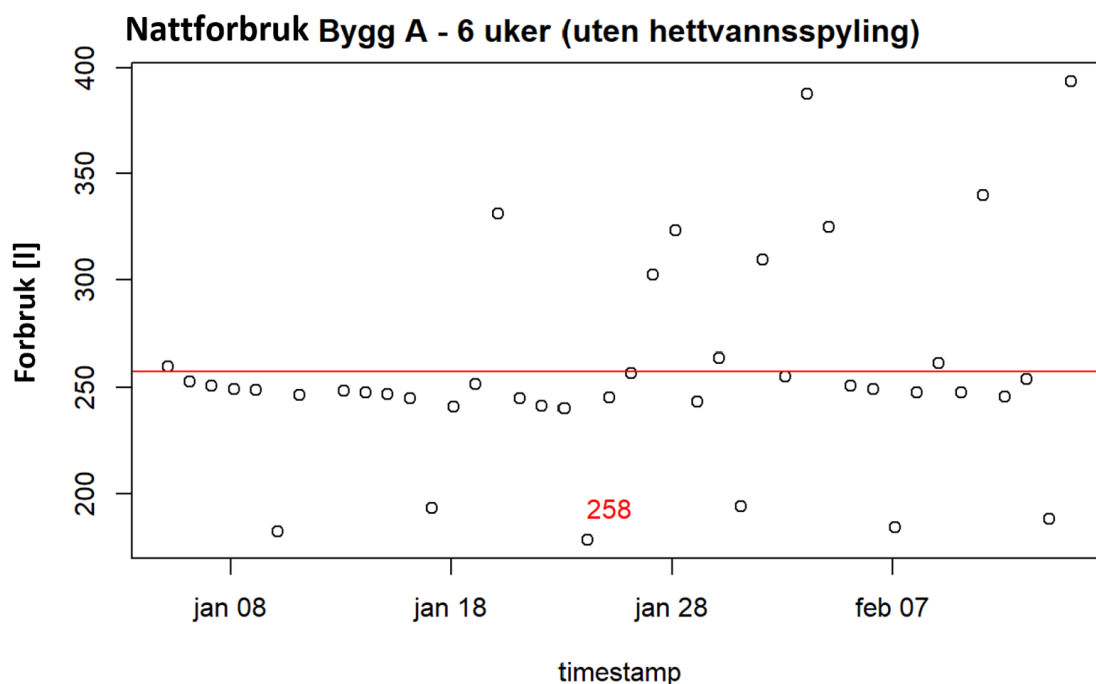
Figur 4.5: Nattforbruk Bygg A

I Figur 4.6 ser en nattforbruket over den gitte seksukersperioden, hvor gjennomsnittet var 298 l. Her ser en et forholdsvis kontinuerlig vannforbruk om nettene, med noen høyere topper av og til. De fleste toppene skyldes hettvannsspyling av dusjanleggene som inntraff hver natt til mandag, mens resterende netter med nattforbruk skyldes klosetter som rant.



Figur 4.6: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg A

For å få en mer representativ verdi for vann tapt i lekkasjer, ble den ene høye alarmverdien på 800 l og forbruk til hettvannsspyling utelatt. Det ga en gjennomsnittsverdi per natt på 258 l, se Figur 4.7. Om man antar at de samme lekkasjene opptrer også på dagtid, vil dette i løpet av et år utgjøre rundt 375 000 l vann. Ved å legge sammen forbruket til hettvannsspyling og vann tapt i lekkasjer, får man i løpet av et år et forbruk på 392 000 l vann. I løpet av seksukersperioden tilsvarte lekkasjer og unødvendig forbruk omtrent 45 000 l, mens totalt forbruk utgjorde omtrent 217 500 l. Det betyr at 21 % av vannforbruket ved Bygg A gikk med til lekkasjer og unødvendig forbruk. Det unødvendige forbruket kunne vært redusert med enkle tiltak eller i beste fall nesten vært unngått.



Figur 4.7: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg A (uten alarmverdi og hettvannsspyling)

4.1.3 Bøttetest

Alle resultatene fra bøttetesten ligger i Vedlegg A.1 Bygg A.

Bøttetesten ble utført i garderoben tilknyttet svømmehallen som hadde ti dusjer. Alle dusjene var som nevnt sensorstyrte sparedusjer og sto påslått i et gitt tidsintervall på i underkant av 40 s. Det ble gjennomført bøttetest med kun en dusj på og deretter en test med 100 % samtidighet (10/10 dusjer).

I Bygg A var det forholdsvis lave volumstrømmer på dusjanlegget. De lave volumstrømmene forårsakes ofte av tette dusjhoder. Kombinert med aldrende rørsystem kom det greit frem i resultatene at en fikk lavere volumstrømmer, sammenlignet med normalvannmengden gitt i NS 3055:1989 for dusj på 0,2 l/s (se Figur 2.2). I og med at dette er et eldre bygg ser en ofte slike tilfeller. Tette dusjhoder kan utbedres ved rens eller utskifting.

Basert på bøttetestene ble volumstrømmene mindre ved høyere samtidighet. Ser en på Tabell A.2 i Vedlegg A.1 Resultater lå gjennomsnittlig volumstrøm på 0,10 l/s ved 100 % samtidighet. Reduksjonen i volumstrømmen anses å være innenfor et akseptabelt område siden en volumstrøm på 0,10 l/s er innenfor verdiene for en sparedusj.

4.1.4 Vann- og energikostnader

For Bygg A gjelder følgende kommunale avgifter for vannforbruk: 17,70 kr/ m^3 for forsyningsvann og 11,70 kr/ m^3 for avløpsvann. Det totale vannforbruket som anses å være unødvendig eller lekkasjer var 392 000 l. Det gir en kostnad på 11 524 kr/år. I løpet av byggets levetid på 30 år blir det 345 720 kr.

Ved Bygg A ble det som nevnt gjennomført hettvannsspyling av dusjer. Om en antar at vannet som brukes må varmes opp fra 5 °C til 50 °C (temperatur i VV-beredere), får en ved å bruke Formel 2.2 et energibehov på 819 kWh/år. Om en antar 1 kr/kWh får man en kostnad på 819 kr/år. I løpet av byggets levetid på 30 år blir det 24 570 kr. De 375 000 l som omtales som lekkasjer antas å være vann ved 5 °C, det blir derfor ingen energikostnader her.

For Bygg A blir det da i løpet av byggets levetid en kostnad på 370 290 kr. Denne kunne vært redusert betraktelig eller i beste fall vært unngått med enkle tiltak.

4.2 Bygg B

Bygg B er en kombinert svømme- og basishall. Svømmehallen ble bygget i 1973 og basishallen sto ferdig oppført i 1977. Bygget har et gulvareal på 3 300 m^2 . I skrivende stund (04.03.2022) er svømmehallen nedstengt på grunn av rehabilitering. Basishallen benyttes til turn og gymnastikk for personer i alle aldre og var også gjennom en reovering som var ferdigstilt i 2018. I bygget foregår det treninger til faste tidspunkter, men på grunn av nedstengt svømmehall var det langt mindre aktivitet enn vanlig.

Bygget hadde to garderober tilknyttet svømmehallen med henholdsvis ni dusjer, et klosett og to servanter per garderobe. Garderobene var utstyrt med sensorstyrte sparedusjer og deler av rørsystemet til disse garderobene ble rehabilitert i 2014. Kjelleren hadde fortsatt armatur og utstyr fra opprinnelig byggeår. Der var det fire større herre- og kvinnegarderober, i tillegg til to mindre instruktørgarderober (en dusj og en servant) i kjelleren. Se Tabell 4.2 for antall tappesteder.

Tabell 4.2: Tappesteder Bygg B

	Bygg B		
Tappested:	Dusj	Klosett	Servant
Antall:	55	-	-
Totalt:	114		

Bygget var utstyrt med fem 550 l VV-beredere av type *OSO 17 R 600*.
Se Figur 4.8 for bilder.

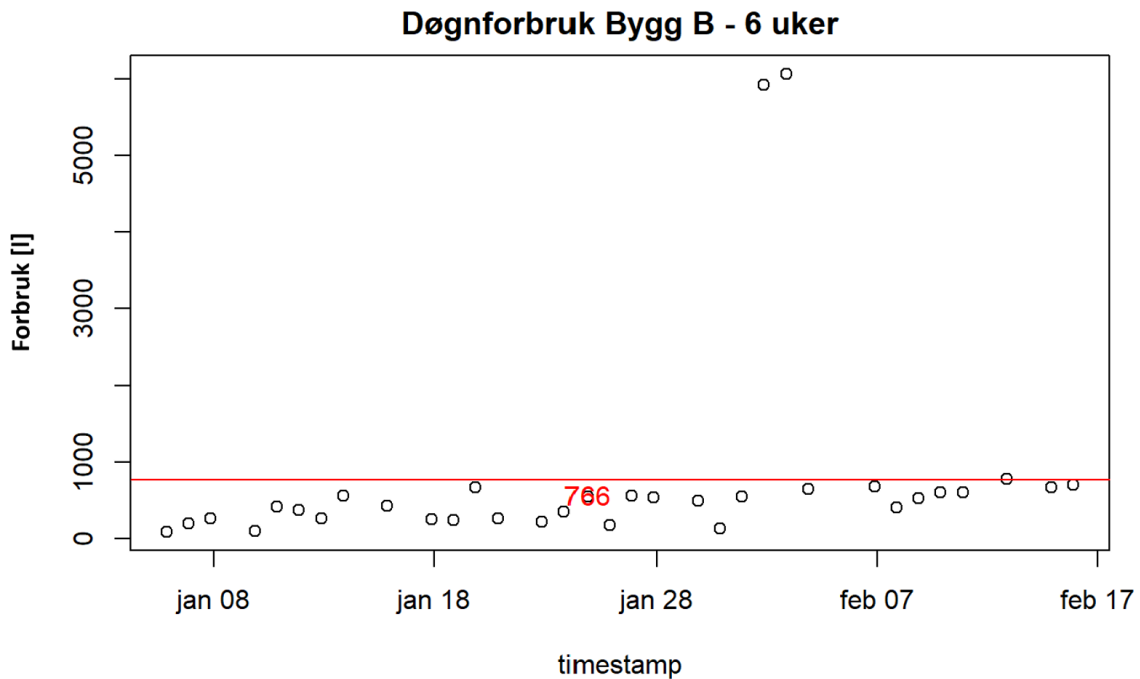
Det ble gjennomført en befaring på bygget torsdag 03. mars 2022.



Figur 4.8: Dusjanlegg, VV-beredere, instruktørdusj og Apurgos vannbehandlingssystem med vanninntak Bygg B

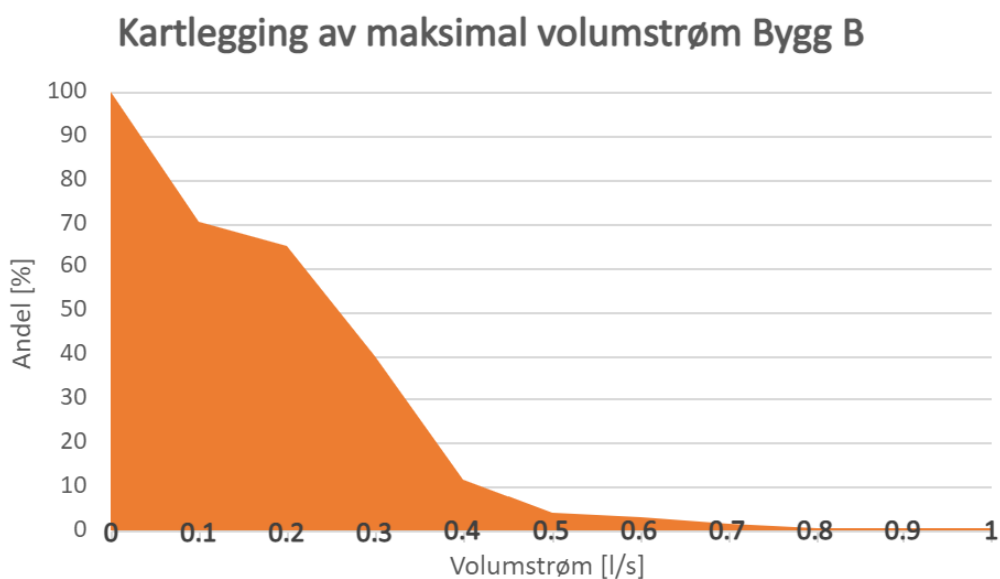
4.2.1 Vannforbruk

Figur 4.9 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.



Figur 4.9: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg B

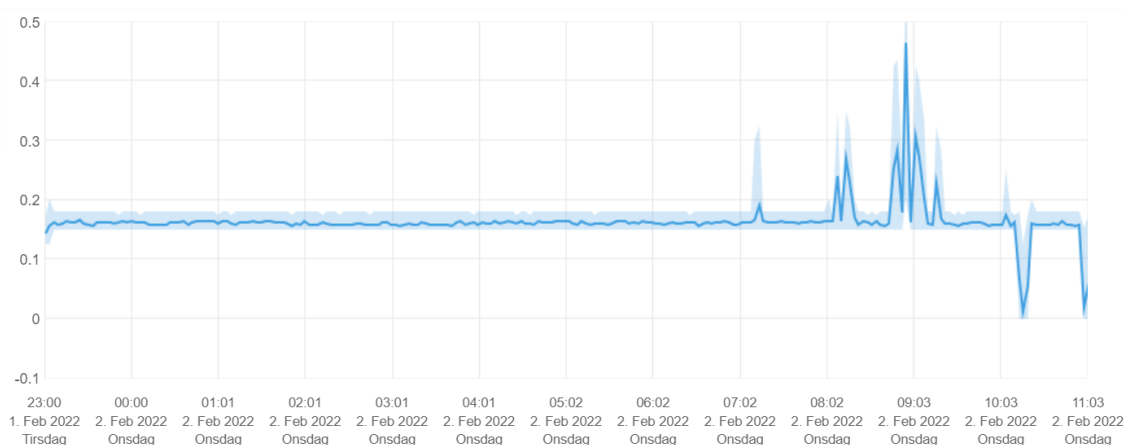
Stikkledningen på Bygg B hadde en utvendig dimensjon på 42 mm (kobberør). Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 2,8 l/s. Den høyeste registrerte verdien over seksukersperioden var på 0,98 l/s. Verdiene hentet fra Apurgos overvåkningssystem er dog ikke representative for normal drift, ettersom at deler av bygget gjennomgikk rehabilitering og bygget ble brukt langt mindre. Av den grunn diskuteres det ikke videre om dimensjonering for Bygg B.



Figur 4.10: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg B

4.2.2 Nattforbruk

I Bygg B var det ikke observert særlig med nattforbruk. Dette skyldes nok at bygget var halvveis nedstengt og hadde mindre aktivitet. Det er dog blitt registrert nattforbruk fire ganger i løpet av seksukersperioden. Et forbruk på 3500 l slo ut en vannlekkasjealarm (både alarm 1 og 2) og ble avklart med driftspersonell. Årsaken var et tappested (servantbatteri eller lignende) som sto å rant over natten. En volumstrøm på omtrent 0,15 l/s underbygger også dette. Ansvarlig driftspersonell nevnte at de hadde hatt problemer med hærverk i bygget og det var en mulig årsak til forbruket. I Figur 4.11 ser en vannforbruket den aktuelle natten. Rundt klokken 08:00 ser en aktivitet da folk begynner å bruke bygget og at det aktuelle tappestedet ikke ble stoppet før tidsrommet 10:00 til 11:00.



Figur 4.11: Nattforbruk 2. februar Bygg B

4.2.3 Bøttetest

Alle resultatene fra bøttetesten ligger i Vedlegg A.2 Bygg B.

Bøttetesten ble utført i herregarderoben tilknyttet til svømmehallen med rehabilitert rørsystem. Alle dusjene var sensorstyrte med et satt tidsintervall på cirka 30 s. Det ble også gjennomført test i den ene instruktørgarderoben med eldre rørsystem for å se om det utgjorde noen drastiske forskjeller.

I garderoben med rehabilitert rørsystem ble det gjennomført bøttetester med ulike utgangspunkt. Det ble testet om volumstrømmen ville variere med hensyn til plassering på rørstrekket. Resultatene kom nok dog litt motsatt av det som var forventet. Den ytterste dusjen på rørstrekket ga en høyere volumstrøm enn dusjen som var plassert først. Henholdsvis verdier på 0,16 l/s og 0,14 l/s. Årsaken var nok

igjen tette dusjhoder da en så forskjellig trykk og vannstrømmer i noen av dusjene. Til tross for at volumstrømmene var forskjellige, var de begge akseptable med tanke på at det var sparedusjer.

Resterende tester ble gjennomført på ytterste dusj, med forskjellig samtidighet (60 % og 100 %) for dusjanlegget. Ved 60 % var volumstrømmen 0,14 l/s og indikerer at bygget er dimensjonert for å håndtere et slikt bruksmønster. Volumstrømmene var også lavere enn normalreglementets verdi på 0,2 l/s.

I instruktørgarderoben med eldre rørsystem ble det målt en volumstrøm på 0,32 l/s ved gjennomføring av tre bøttetester. Den høye volumstrømmen kan forklares ved at garderoben hadde en egen fordelingsledning som kun betjente én servant og dusj, samt en annen utforming på dusjhodet.

4.3 Bygg C

Bygg C er en flerbrukshall som sto ferdig oppført i 2018 og har et gulvareal på 7 200 m². Bygget tilbyr flere idrettsaktiviteter og innehar blant annet klatrehall, idrettshaller, squash-baner, møterom med mer. Bygget har også et tilknyttende treningssenter, men det eksisterte allerede før flerbrukshallen sto ferdig oppført. Treningssenteret har derfor en separat forsyningsledning som ikke er tilknyttet flerbrukshallen. Bygget benyttes også som gymsal for de lokale skolene på dagtid, i tillegg til forskjellige idrettstilbud som er nevnt. Bygget leies også ut til andre arrangementer som konserter. Det er derfor regelmessig aktivitet i dette bygget i løpet av dagen.

Bygget hadde totalt 16 større og mindre garderober med varierende antall dusjer. Se Figur 4.3 for antall tappesteder. Dusjene var utstyrt med på-knapper som gikk på omtrent 28 s tidsintervall med skillevegger mellom dusjene. Bygg C var utstyrt med totalt fem *OSO 17 R* VV-beredere, tre på 880 l og to på 550 l. Se Figur 4.12 for bilder av utstyr og anlegg.

Det ble gjennomført en befaring på bygget torsdag 03. mars 2022.

Tabell 4.3: Tappesteder Bygg C

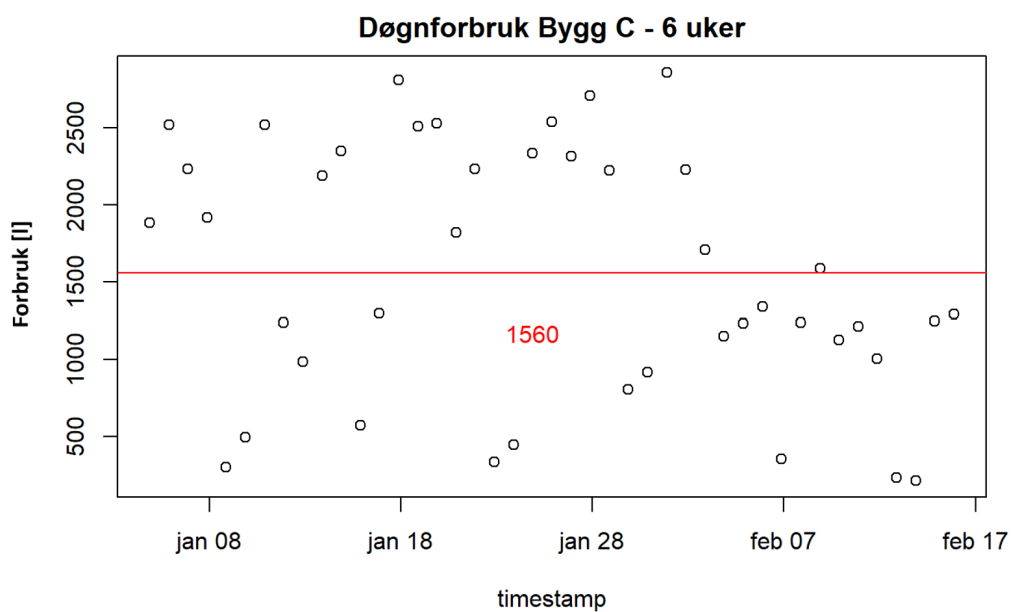
	Bygg C		
Tappested:	Dusj	Klosett	Servant
Antall:	54	-	-
Totalt:	141		



Figur 4.12: Apurgos vannbehandlingssystem, VV-beredere, dusjanlegg og vanninntak Bygg C

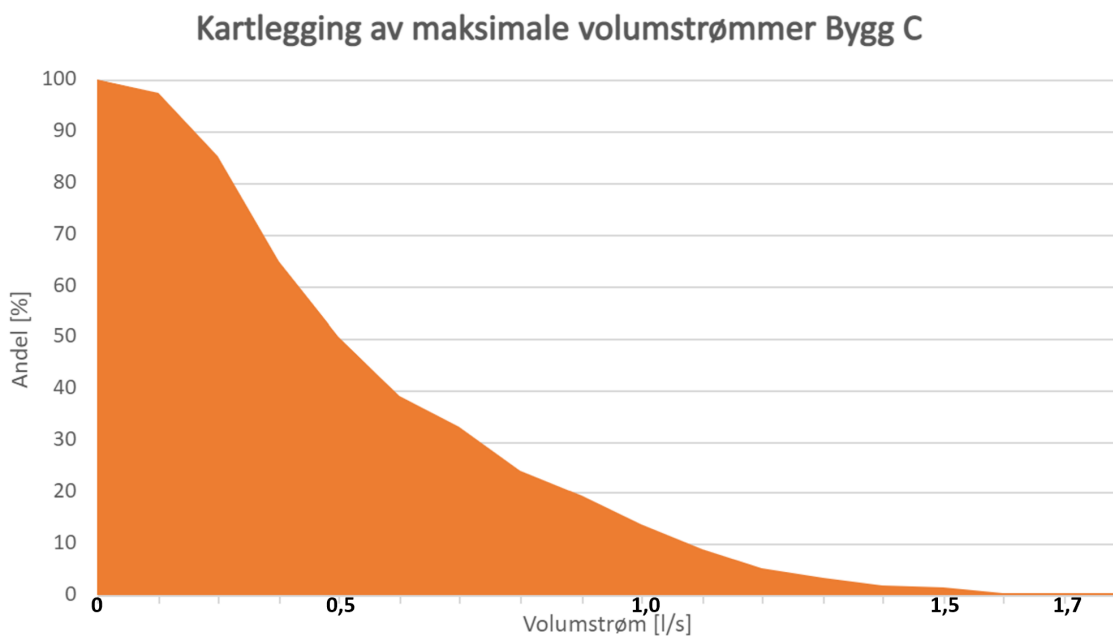
4.3.1 Vannforbruk

Figur 4.13 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.



Figur 4.13: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg C

Stikkledningen på Bygg C hadde en utvendig dimensjon på 50 mm (plastrør) med en innvendig dimensjon på 41 mm. Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 2,9 l/s. En oversikt over faktiske vannmengder over seksukersperioden gjennom stikkledningen er lagt frem i Figur 4.14.



Figur 4.14: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg C

Det høyeste registrerte vannforbruket i løpet av seksukersperioden for Bygg C var på 1,72 l/s. Av Figur 4.14 ser en at majoriteten av målingene er veldig lave. En kan derfor si at samtidigheten på utstyr og armatur sjeldent er høy. Bygg C hadde flere brannskap, men ikke noe storkjøkken eller lignende som kunne trenge mye vann på en gang. Det er derfor grunn til å tro at Bygg C er overdimensjonert.

4.3.2 Nattforbruk

Ifølge driftspersonell skulle det ikke være noe nattforbruk og det var det heller ikke registrert i seksukersperioden. Sett bort ifra seksukersperioden var det få tilfeller hvor man så noe forbruk på nattetid. Det hendte at tappesteder ble påslått og glemt, men dette inntraff ikke ofte.

4.3.3 Bøttetest

Alle resultatene fra bøttetesten ligger i Vedlegg A.3 Bygg C.

Testene ble gjort i en garderobe som ofte ble brukt ifølge driftspersonell. Garderoben hadde fire dusjer hvor alle dusjene var sparedusjer som gikk med tidsintervall. Det var også skillevegger mellom hver av dusjene.

I Bygg C var det lave volumstrømmer som var nærmest halvert i forhold til normalreglementets verdi på 0,2 l/s. Det ble målt volumstrømmer på 0,11 l/s. På dette dusjanlegget ble det gjennomført tester med 100 % samtidighet og ved kun en dusj påslått. Testene ga en tilnærmet lik volumstrøm uansett samtidighet. Dusjanlegget så ut til å være i god stand og ikke underdimensjonert.

Mot slutten av befaringen ble det gjennomført en siste sjekk i bygget. På vei ut ble det oppdaget et servantbatteri som sto fullt påslått uten tilsyn. Ansvarlig driftspersonell hadde nevnt at også de hadde hatt problemer med hærverk i bygget. Her hadde de sett tilfeller med alt fra tukling med lekkasjedetektorer til tetting av servanter. Disse tilfellene resulterte i store skader på bygget som kostet mye å utbedre.

4.4 Bygg D

Bygg D er en flerbrukshall som sto ferdig oppført i 2017, med et gulvareal på 2 765 m². Bygget har svømme- og idrettshall med tre garderober tilknyttet hver hall. Det er delt opp i henholdsvis herre-, kvinne- og instruktørgarderobe og dette utgjør totalt seks garderober. I tillegg til disse seks er det to dommer-/instruktørgarderober i underetasjen. Garderobene til svømmehallen hadde seks dusjer hver, mens garderobene tilknyttet til idrettshallen hadde fem dusjer. I instruktør- og dommergarderobene finner man en dusj med tilhørende servant og klosett. Garderobene var utstyrt med sparedusjer inkludert temperatursetter, på-knapp og tidsintervall på 30 s. Se Tabell 4.4 for oversikt over antall tappesteder. I samtale med driftspersonell kom det frem at bygget har lave besøkstall.

Tabell 4.4: Tappesteder Bygg D

Bygg D			
Tappested:	Dusj	Klosett	Servant
Antall:	26	16	22
Totalt:	64		

Svømmehallen er 12,5 m x 8,5 m mens idrettshallen er 20 m x 35 m. I tillegg til hallene har bygget møterom, bibliotek, skytebane med mer. Det var også et storkjøkken. Bygget har forholdsvis regelmessig aktivitet i løpet av dagen, men ifølge driftspersonell var det ikke mange besøkende på en gang. På dagtid er det skoler som benytter seg av bygget og på kveldstid er det åpent tilbud for alle. Om helgene stiller bygget seg disponibelt for utleie til arrangementer, så det hender det er aktivitet i helgene også. Bygg D var utstyrt med seks VV-beredere. En av typen *OSO 51R 600* med 550 l og fem av typen *Høiax SRS400* med 376 l. Se Figur 4.15 for anlegg og utstyr.



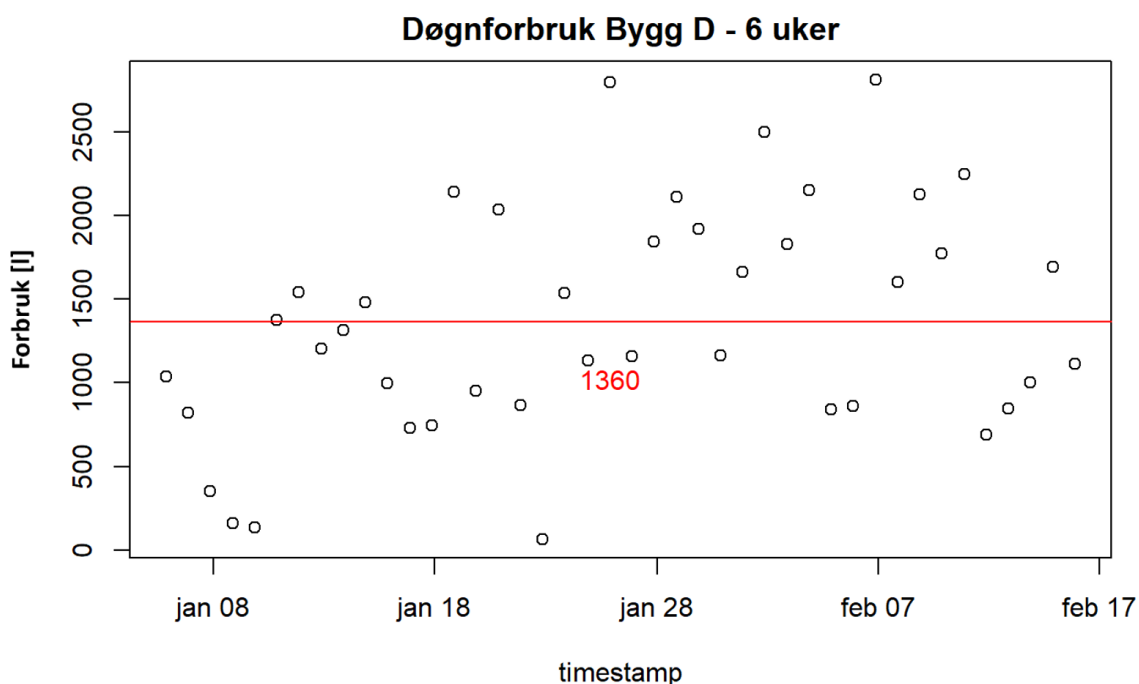
Figur 4.15: Dusjanlegg (svømmehall), Apurgos vannbehandlingssystem, vanninntak og VV-beredere Bygg D

Fordelingsledningen til dusjanlegget tilknyttet svømmehallen hadde en utvendig dimensjon på 20 mm. Fordelingsledningen i dusjanlegget til idrettshallen var 40 mm. I idrettshallen var den dobbelt så stor siden fordelingsledningen fordelte seg til to dusjanlegg.

Det ble gjennomført en befaring på bygget fredag 01. april 2022.

4.4.1 Vannforbruk

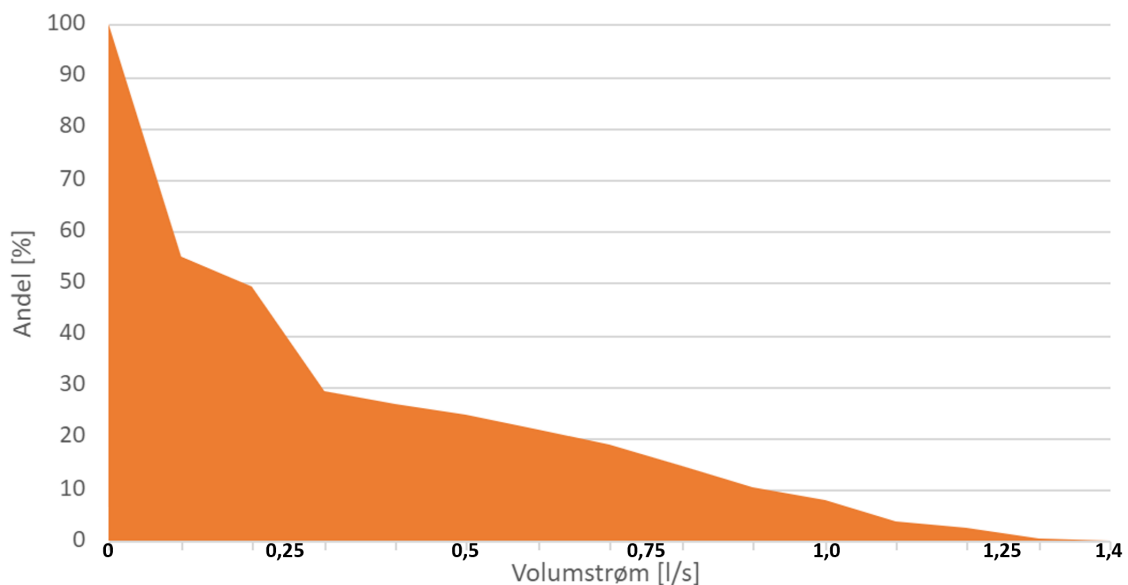
Figur 4.16 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.



Figur 4.16: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg D

Bygget hadde en stikkledning med utvendig dimensjon på 63 mm (plastrør), som gir en innvendig dimensjon på 51,6 mm [24]. Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 4,5 l/s. Av Figur 4.17 kan en se at forbruket ikke er i nærheten av dette. 70 % av målingene var under 0,3 l/s og høyeste registrerte verdi over seksukersperioden var 1,4 l/s. Bygg D hadde flere brannskap og et storkjøkken. Det har kanskje vært avgjørende for dimensjoneringen. Bygg D er også et veldig lite bygg (2 765 m² gulvareal) og har få tappesteder (64). Lavt vannforbruk og lave besøkstall gir også ingen indikasjon på at Bygg D kommer til å utvides i fremtiden. Det er derfor grunn til å tro at Bygg D er overdimensjonert.

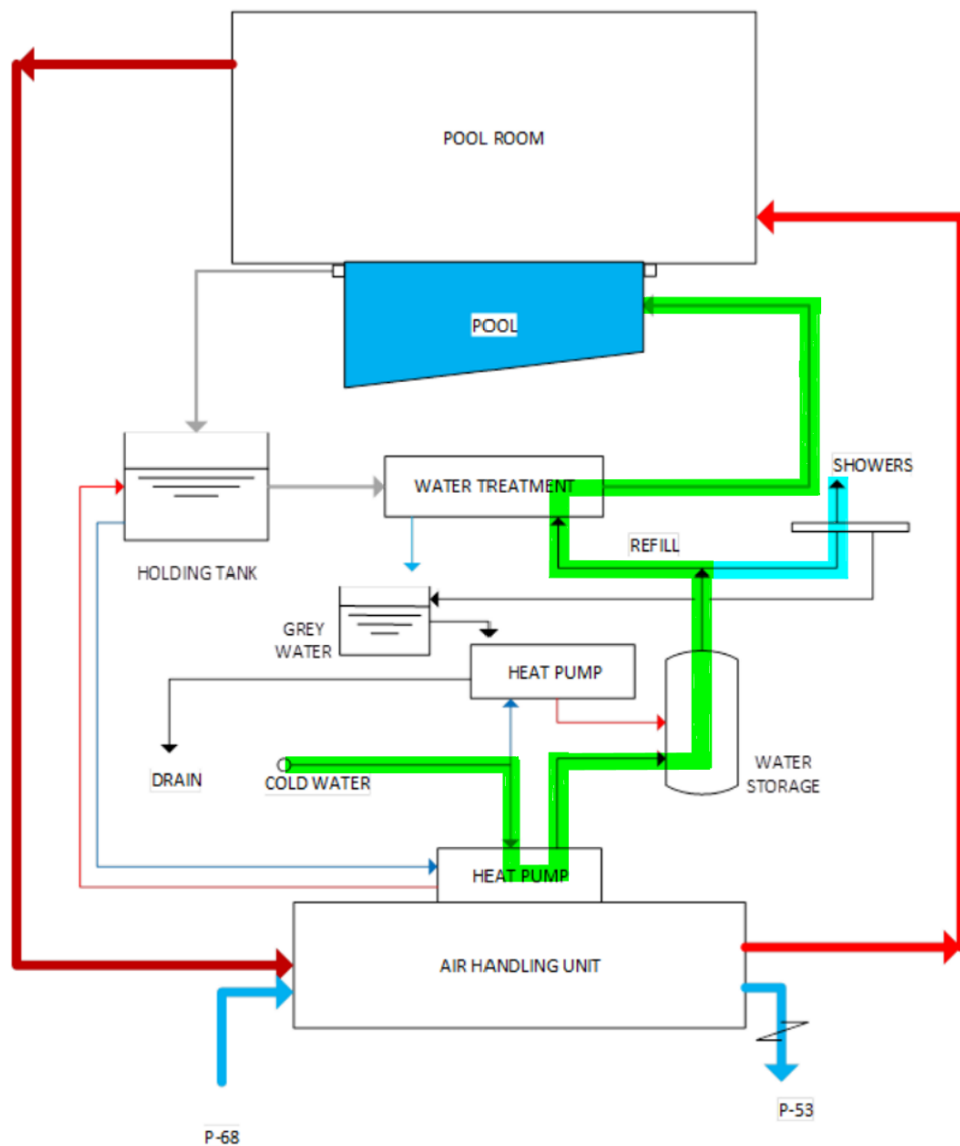
Kartlegging av maksimale volumstrømmer Bygg D



Figur 4.17: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg D

4.4.2 Nattforbruk

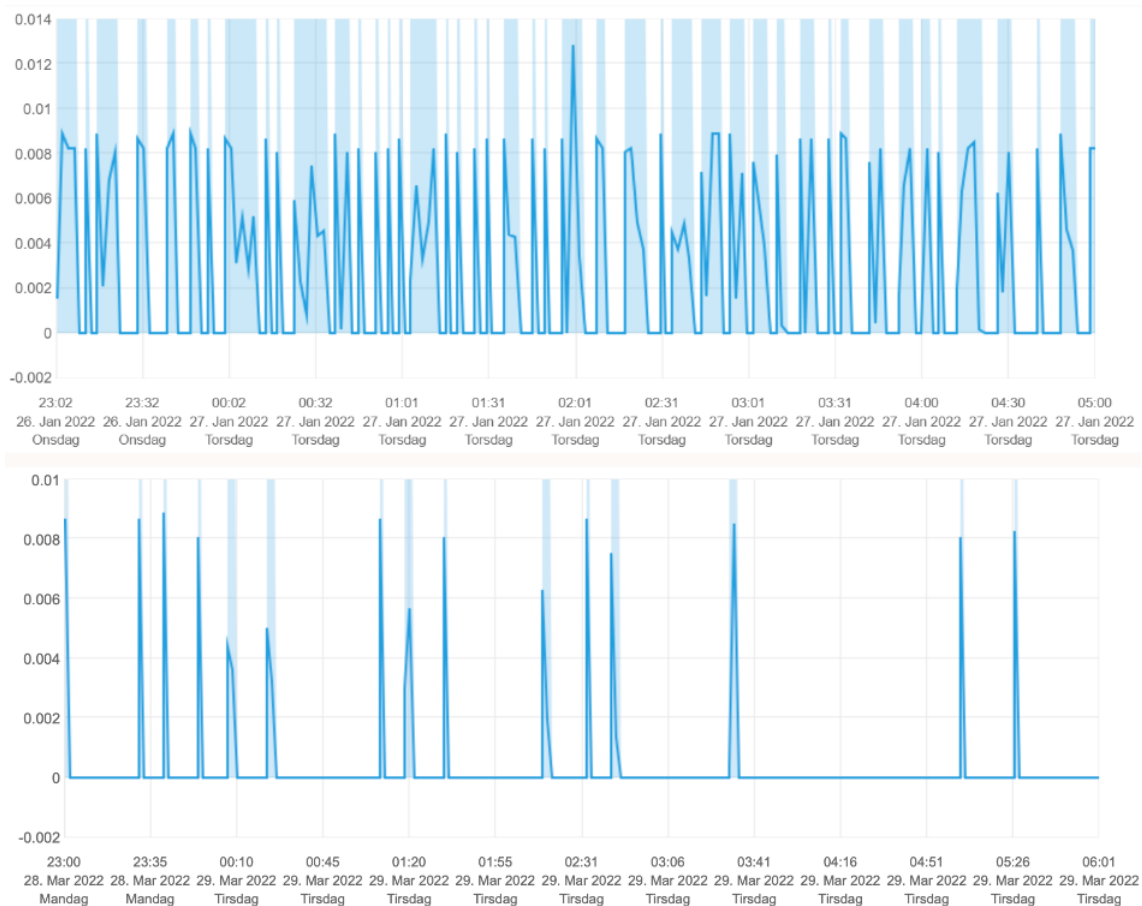
Det har blitt observert et nattforbruk omtrent hver eneste natt ved dette bygget. Ansvarlig driftspersonell mente det kan være en kjølekrets. I ventilasjonsaggregatet er det en etterkjøler, denne er tegnet inn i Figur 4.18. Om behov for avfukting, går det kaldt vann gjennom etterkjøleren. Det kalde vannet varmes opp under avfuktingen og sendes av den grunn videre til bassenget. Som nevnt tidligere skal ikke vann til bassenget gå gjennom Apurgos vannbehandlingssystem. Kretsen er da muligens en feilkobling og er i skrivende stund eneste forklaring på nattforbruket.



Figur 4.18: Flytskjema svømmehall, med kjølekretsen uthevet

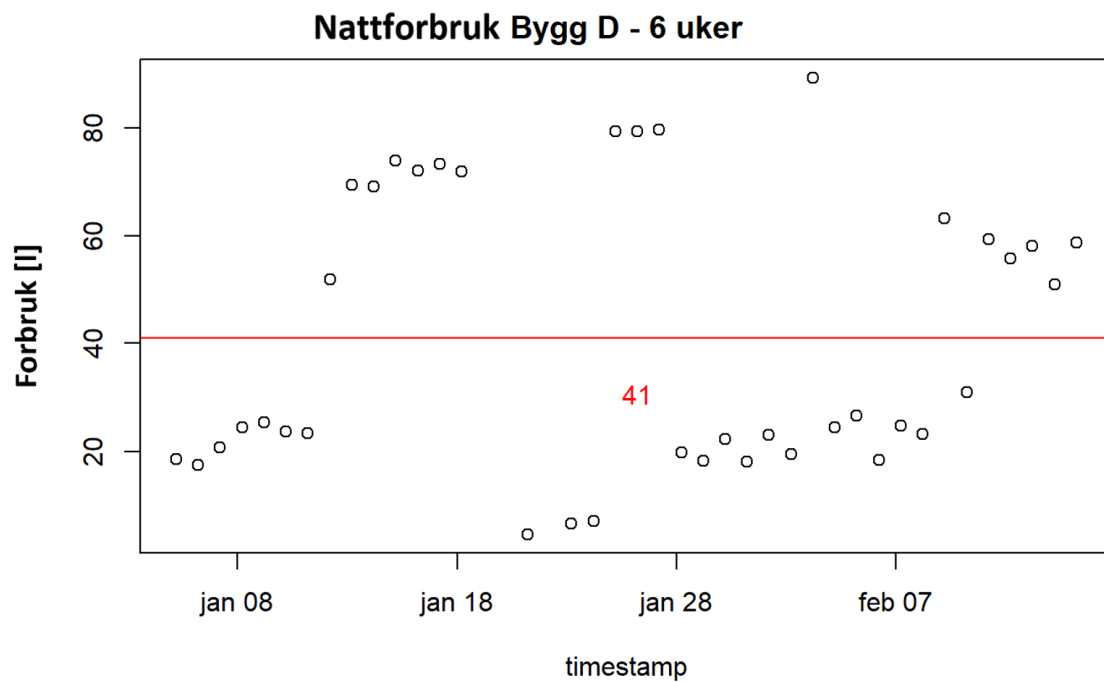
Det ble også nevnt at det har vært tilfeller der klosetter renner hvor ventilen åpner og sisternen lekker, men det inntraff ikke for ofte. Sisternen er beholderen som lagrer vannet som brukes når klosettet trekkes opp.

Figur 4.19 viser natt til 27. januar i tidsrommet 23:00 til 05:00 og natt til 29. mars i samme tidsrom. Mønsteret passer beskrivelsen over. Her fremlegges det at mønsteret er usymmetrisk, varierer fra natt til natt og kommer i ulike perioder. Her ser en små topper av vannforbruk som varer i noen minutter, med ujevne mellomrom og forskjellige vannmengder. Et slikt mønster underbygger ikke en direkte lekkasje i armatur eller utstyr, men heller en etterkjøler som går etter behov.



Figur 4.19: Nattforbruk 27. januar og 29. mars Bygg D

Figur 4.20 viser nattforbruket i den satte seksukersperioden. Her ser en at vannmengdene varierer fra natt til natt, men i noen perioder går det etter et forholdsvis likt behov. Her er det nattforbruk så og si hver natt med et gjennomsnittlig forbruk på 41 l.



Figur 4.20: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg D

4.4.3 Bøttetest

Alle resultatene fra bøttetestene finnes i Vedlegg A.4 Bygg D.

Det ble gjennomført bøttetester i garderobene som var tilknyttet idrettshallen. Disse garderobene hadde som nevnt seks dusjer hver, altså 12 dusjer i garderobene til idrettshallen totalt. Dusjene var som nevnt sparedusjer med diverse innstillinger. For universelle måleforutsetninger ble alle dusjene satt med en temperatur på 38 °C. Det ble gjennomført tester med 60 % og 100 % samtidighet samt med kun en dusj på. Verdt å merke seg var at den ene dusjen ikke fungerte. Det var også en dusj som sto på en del lengre enn de andre.

Av resultatene ser man at alle volumstrømmene ligger under 0,2 l/s, med henholdsvis 0,14, 0,16 og 0,17 l/s ved en dusj på, 60 % og så 100 % samtidighet. Det som var underlig var at volumstrømmen ble høyere ved høyere samtidighet. Denne forskjellen kommer av at bygget er tilknyttet et pumpesystem som ikke står på hele tiden, men som skrur seg på ved behov. En trykkstyrt pumpe reagerer på trykkfall, som da skjer ved tapping. Ettersom at første test ble gjort med kun en dusj, starta ikke pumpa før neste test som var med 60 % samtidighet, og denne testen fikk da en høyere gjennomsnittsverdi.

4.5 Bygg E

Bygg E er et idrettsbygg med flerbrukshall og treningssenter. Bygget har et gulvareal på 8 500 m². Treningssenteret er et av byens mest populære senter og har dermed regelmessig aktivitet gjennom hele åpningstiden (06.30-23.00) store deler av året. Bygget hadde nylig en stor renovering med rehabilitering og påbygging, da deler av bygget stammet fra år 1966 og 2006. Prosjektet ble avsluttet i 2020 og bygget ble da åpnet for fullkommen aktivitet. Mesteparten av rørsystemet ble rehabilitert, men det var enkelte deler som ikke ble det. Det var to VV-beredere av typen “OSO 17RED 400” med volum på 380 l per bereder. Se Figur 4.21 for bilder av utstyr og dusjanlegg.



Figur 4.21: Dusjanlegg, VV-beredere, dusjpanel og Apurgos vannbehandlingssystem Bygg E

Bygget hadde to garderobes til henholdsvis dame og herre, med 15 dusjer per garderobe. Dusjene var sensorstyrte sparedusjer med temperaturregulering og skillevegger mellom hver dusj. I tillegg var det et handicap (HC)-toalett og et standard toalett med tilhørende servant og klosett. Servantbatteri på HC-toalettet var sensorstyrt, mens resterende servantbatteri i garderoben ikke var det. Se Tabell 4.5 for totalt antall tappesteder.

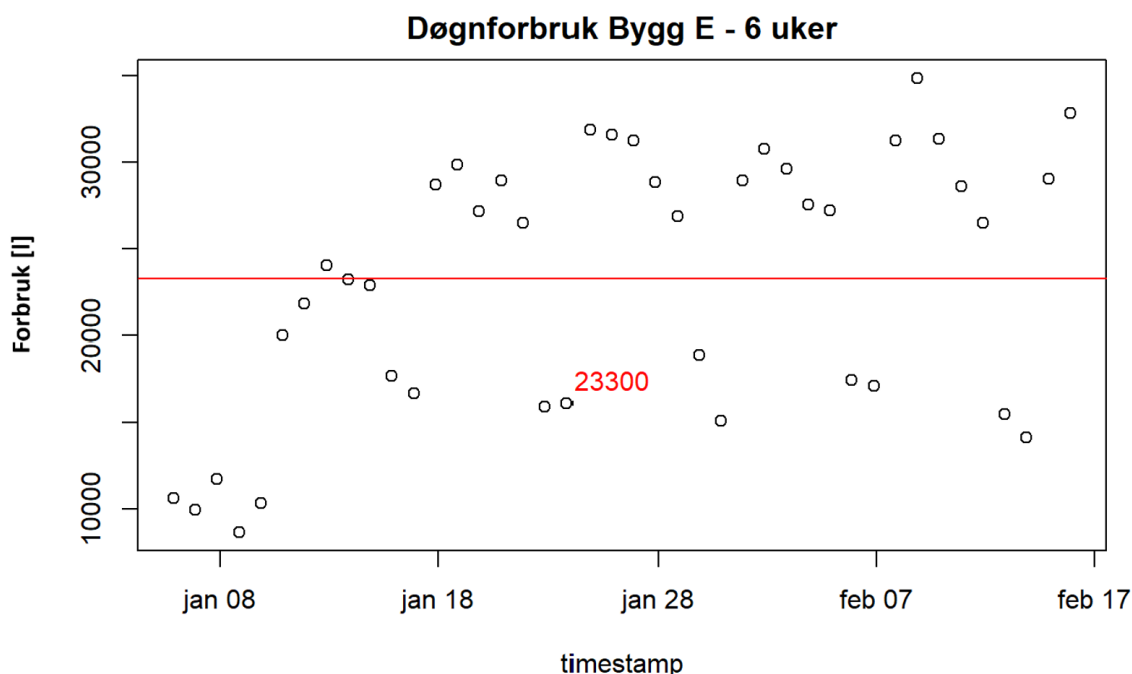
Tabell 4.5: Tappedsteder Bygg E

Bygg E			
Tappedsted:	Dusj	Klosett	Servant
Antall:	30	16	20
Totalt:	66		

Det ble gjennomført en befaring på bygget onsdag 27. april 2022.

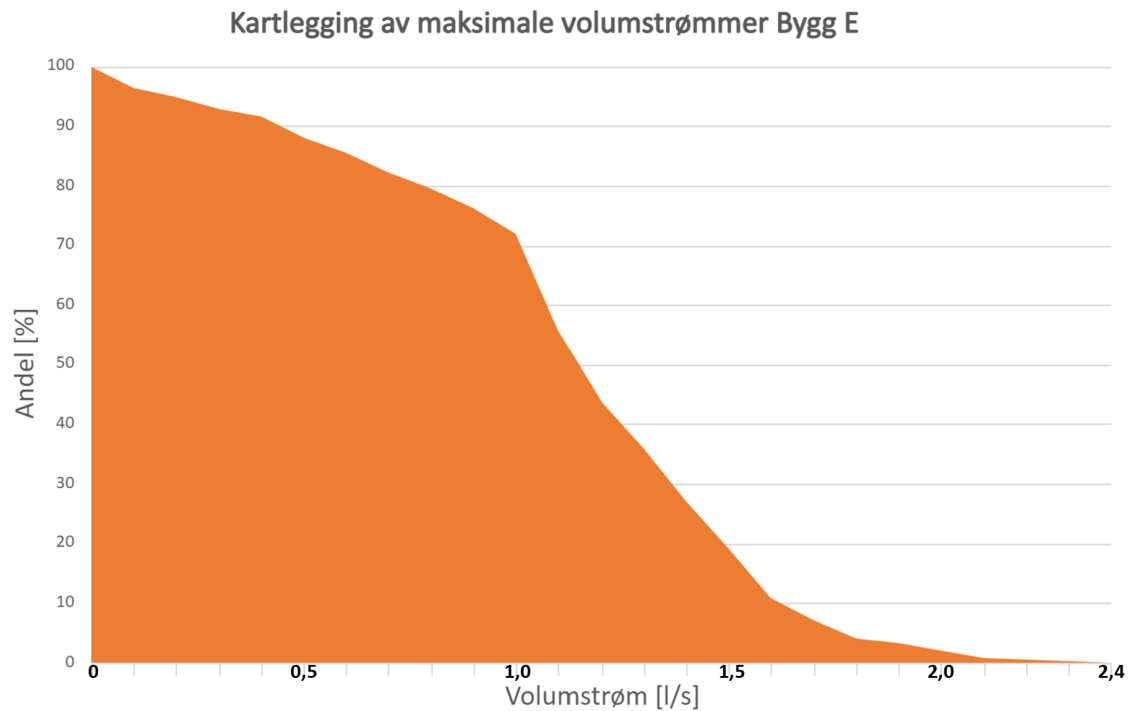
4.5.1 Vannforbruk

Figur 4.22 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.



Figur 4.22: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg E

Stikkledningen inn til Bygg E hadde en utvendig dimensjon lik 50 mm (2 tommer, kobberør). Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 3,7 l/s. Ser en på det faktiske vannforbruket lagt frem i Figur 4.23 ser en at forbruket er et stykke unna denne verdien. Maksimal verdi over seksukersperioden var på 2,4 l/s.



Figur 4.23: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg E

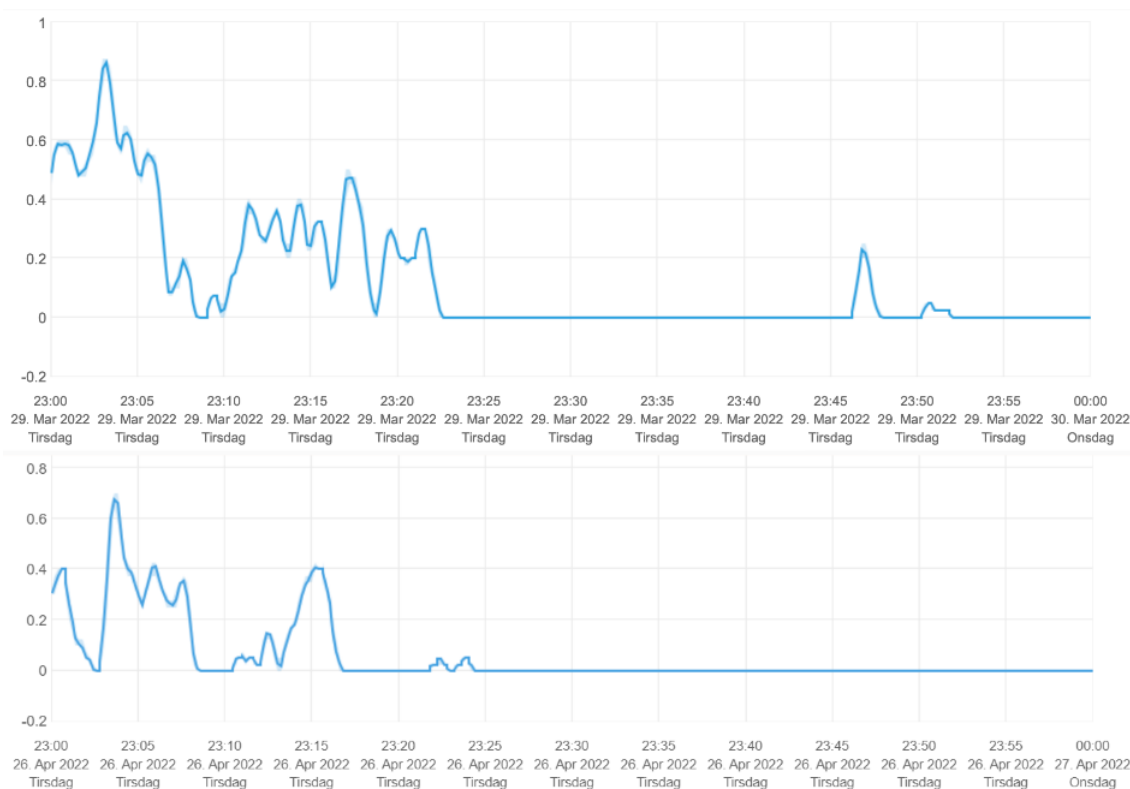
Besøkstall for Bygg E er lagt frem i Figur 4.26. Bygg E hadde 30 dusjer. Selv ved omtrent 150 brukere ser man ikke verdier nær det stikkledningen er dimensjonert for (se Figur 4.23). Med så høye besøkstall og høyt vannforbruk (23 300 l/døgn) i forhold til antall tappesteder (66) er det ikke usannsynlig at bygget en gang i fremtiden utvides. Det er derfor vanskelig å si om Bygg E er overdimensjonert eller ikke.

4.5.2 Nattforbruk

Ifølge driftspersonell skulle det ikke være nattforbruk siden bygget var avstengt for aktivitet om nettene. Det har generelt vært lite å observere av nattforbruk i Bygg E. Ansvarlig driftspersonell nevnte at feil på klosetter eller dusjbatteri kunne være mulige årsaker til tidvis unødvendig vannforbruk. Feil på klosetter eller dusjbatteri inntraff ikke i seksukersperioden.

Det var derimot observert et vannforbruk omtrentlig hver natt i tidsrommet 23:00 til 00:00. Mønstrene var ulike, med forskjellig forbruk og varierende topper. Se Figur 4.24 for vannforbruk i det aktuelle tidsrommet. Det ble snakket med flere driftspersonell angående dette, men ingen var helt sikre selv. I Apurgos overvåkningssystem var alarmer satt i tidsrommet 23:59 til 04:30, ulikt de andre

byggene som har standard tidsrom fra 23:00 til 05:00. Årsaken til dette var en skjønnsmessig vurdering. Noen bygg hadde aktivitet og vannforbruk frem til midnatt, og Bygg E kunne være et av disse.



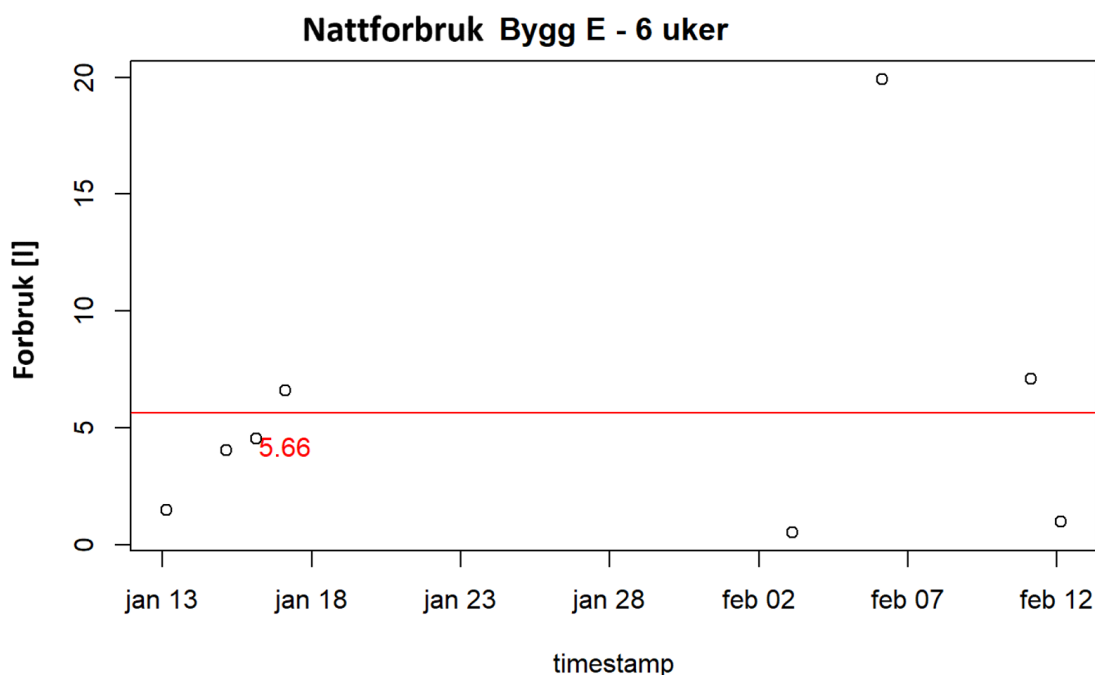
Figur 4.24: Nattforbruk 29. mars og 26. april Bygg E

Etter samtale med ansatte hos Bygg E kom det frem at treningssenteret var åpent frem til 23:00 på hverdager (20:00 og 22:00 i helgene). Dersom det var noen på senteret som var og trente til stengetid, fikk de et kvarter på seg til å dusje og gjøre seg ferdig. Dusjing etter stengetid kan forklare noe av vannforbruket fra 23:00 til 23:15. Resterende nattforbruk i tidsperioden er på grunn av at bygget enda kunne være i bruk etter stengetid (av ansatte og idrettsforeninger), samt sensorene og gjennomspyling av dusjene. Det er vanskelig å fastslå i hvor stor grad bygget blir benyttet etter stengetid, da samtlige driftspersonell fortalte at det primært ikke skulle være i bruk. Det blir videre gått ut ifra at sensorer og gjennomspyling forårsaker mest av nattforbruket.

Etter samtale med *Oras*, produsent av baders- og kjøkkenkraner, og ikke minst produsent av de aktuelle dusjene i dusjanleggene, kom det frem at lys eller belegg over sensoren kunne aktivere dusjen [23]. Under gjennomføring av bøttetesten ble det observert en dusj som startet til tross for at ingen aktiverte sensoren. Oras informerte om at det ville oppstått gjennomspyling dersom en dusj hadde stått

ubrukt i 12 timer. Dusjen som skrudde seg på av seg selv hadde akkurat vært påslått under bøttetesten, derfor utelukkes dette. Det er derfor mulig å anta at sensoren på dusjene er årsaken til små topper fra klokken 23:15 til 00:00. Grunnen til at dette ikke oppstår videre utover natten, kan skyldes at lysene skrur seg av automatisk etterhvert da det ikke registreres noen aktivitet/bevegelser i garderobene.

Figur 4.25 viser nattforbruket i seksukersperioden. Som nevnt var det ikke mye nattforbruk (sett bort ifra 23:00 til 00:00) og figuren viser dette tydelig. Merk, her er klokken 23:00 fjernet for å få en mer representativ verdi for nattforbruket, da sannsynlig årsak mellom 23:00 til 00:00 er avdekket. I løpet av seksukersperioden var det et gjennomsnittlig vannforbruk på 5,66 l om nettene. Ettersom at det i all hovedsak var automatisk gjennomspyling av dusj som var årsak til nattforbruk, antas det at 5,66 l er den totale mengden unødvendig vannforbruk per døgn. Den antagelsen gjøres fordi det på dagtid brukes dusjer hele tiden og automatisk gjennomspyling ikke skjer i betydelig grad. 5,66 l/døgn utgjør omtrent 2 066 l i året. Et totalt vannforbruk for Bygg E i 2021 på 5 550 000 l gjør at 2 066 l ser lite ut. Men igjen, det er unødvendig forbruk som kan unngås.



Figur 4.25: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg E

4.5.3 Bøttetest

Resultatene fra bøttetestene finnes i Vedlegg A.5 Bygg E.

Det ble gjennomført bøttetester i herregarderoben med 15 dusjer. Testen ble gjennomført med en dusj på og ved "tilnærmet" 100 % samtidighet. Samtidigheten var vanskelig å fastsette da dusjene ikke gikk på tidsintervall, men av sensitive sensorer som sluttet vanntilførsel om de ikke merket bevegelse. Bøttetestene ble dermed gjort via stoppeklokke til 30 s, med først en dusj på og deretter med høyere samtidighet. Sensorene skilte seg ut blant de andre som er blitt sett på. Her måtte en først helt inntil sensoren for å aktivere dusjen og deretter reagerte sensoren godt på brukerens bevegelser på lengre avstand. Til tross for at man sto stille foran og gjennomførte testen, skrudde den seg ikke av før en fysisk flyttet seg. Se Figur 4.21 for dusjen og Vedlegg E Datablad for sparedusjer Bygg E for datablad og nærmere beskrivelse av sensoren til dusjen.

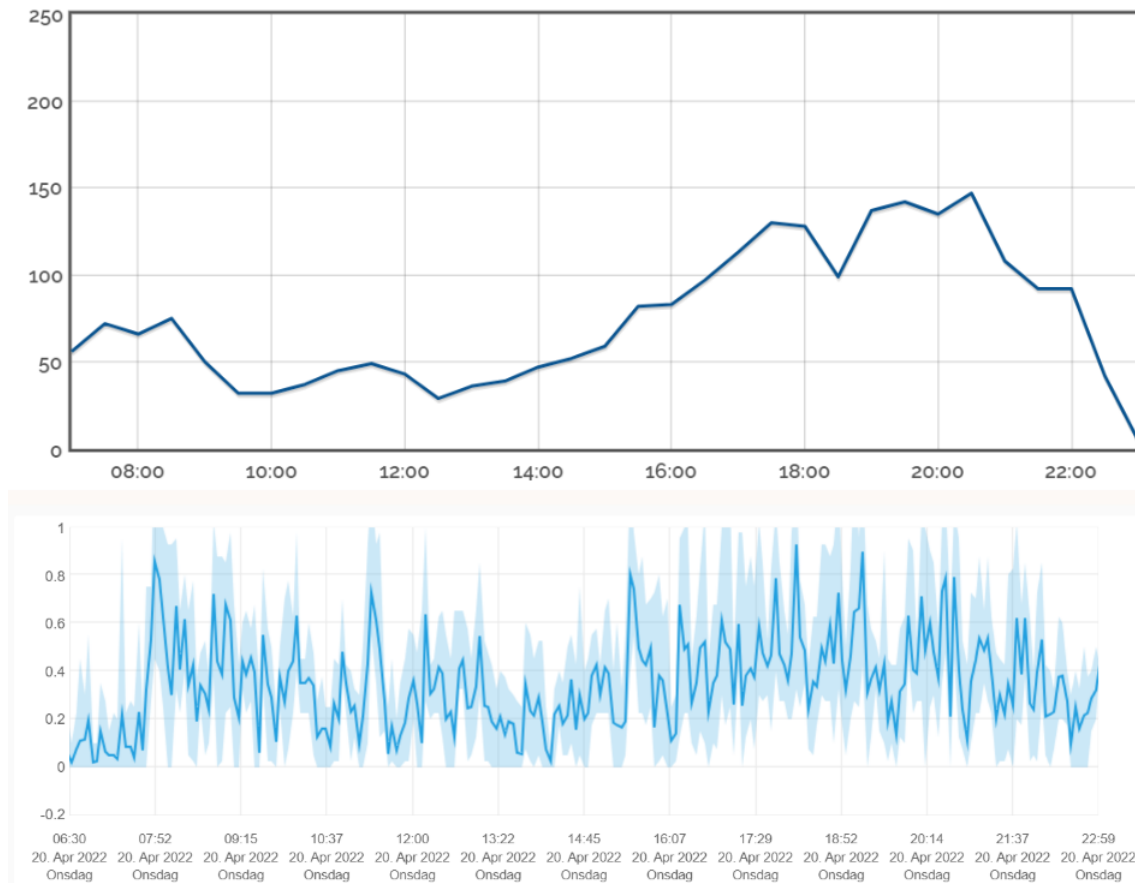
Av resultatene ser man at volumstrømmene ligger under 0,2 l/s ved alle dusjmålingene, med volumstrømmer på 0,17 l/s og 0,16 l/s. Til tross for en nedgang i volumstrøm ved høyere samtidighet, leverte fortsatt dusjen en tilstrekkelig vannmengde. Verdiene er også en av de høyere som er registrert, og det var ingen tegn til tette dusjhoder på resterende dusjer. Det ble også tatt målinger på servantene i garderoben. Ene servantbatteriet på HC-toalettet var sensorstyrt, mens den andre var ikke det. Denne ble satt på et nivå som gruppen mente var normalt for håndvask. Alle servantmålingene lå på lik linje med normalreglementets normalvannmengde på 0,1 l/s, se Figur 2.2. Det er med andre ord ut ifra bøttetesten ingen tegn på at rørsystemet var underdimensjonert.

4.5.4 Bruksmønster

Figur 4.26 viser gjennomsnittlig antall besøkende i løpet av en dag og vannforbruket en vilkårlig dag i april 2022. Antall besøkende på Bygg E samtidig er på det meste omtrent 150 stykker. Vannforbruket på samme dag har en topp på omtrent 1,4 l/s. Denne vannmengden tilsvarer omtrent at åtte dusjer står på samtidig. (med volumstrøm 0,17 l/s gitt fra bøttetesten i Tabell A.15). Garderobene som brukes av medlemmene har til sammen 30 dusjer. Her ser man et godt eksempel på at svært få bruker dusjanleggene i idrettsbygg. Selv om samtidigheten kanskje er lav, blir dusjanlegget brukt jevnt over i løpet av hele åpningstiden. Et jevnt forbruksmønster i løpet av åpningstimene kan være en årsak til lavt forbruk om nettene, i og med at

gjennomspylingen kun skjer om en dusj har stått ubrukt i 12 timer.

Antall besøkende er lavt om morgenen, men vannforbruket er ikke mye lavere enn hva det er mot kvelden der besøkstallet er høyest. Det betyr mest sannsynlig at det er flere som dusjer om morgenen, for eksempel før de skal på skole eller jobb. Denne observasjonen underbygger at et høyt besøkstall ikke nødvendigvis korrelerer med et høyt vannforbruk.



Figur 4.26: Pågang og vannforbruk 20. april 2022 Bygg E

4.5.5 Vann- og energikostnader

For Bygg E gjelder følgende kommunale avgifter for vannforbruk: 16,01 kr/ m^3 for forsyningsvann og 20,15 kr/ m^3 for avløpsvann. Det totale vannforbruket som anses å være unødvendig eller lekkasjer var 2 066 l. Det gir en kostnad på 75 kr/år. I løpet av byggets levetid på 30 år blir det 2 250 kr.

Ved Bygg E ble det som nevnt utført gjennomspyling av dusjer. Om en antar at vannet som brukes må varmes opp fra 5 °C til 38 °C (normal temperatur på dusjvann) og at 2 066 l går med til unødvendig gjennomspyling, får en ved å bruke

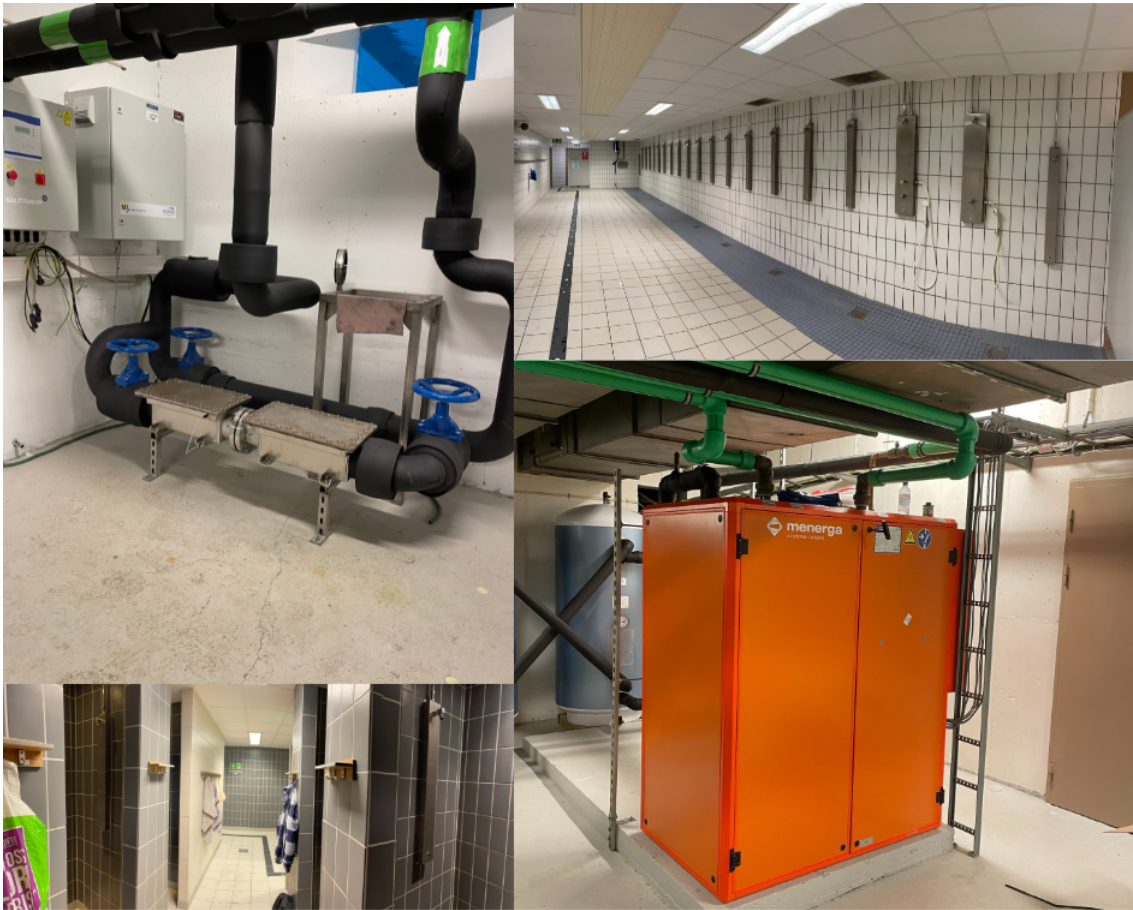
Formel 2.2 et energibehov på 80 kWh/år. Om en antar 1 kr/kWh får man en kostnad på 80 kr/år. I løpet av byggets levetid på 30 år blir det 2 386 kr.

For Bygg E blir det da i løpet av byggets levetid en unødvendig kostnad på 4 636 kr. Denne kostnaden kunne vært redusert ved å droppe gjennomspyling av dusjer.

4.6 Bygg F

Bygg F er et av landets største svømmehall med et gulvareal på 15 500 m^2 . I tillegg til forskjellige svømmetilbud og -aktiviteter, har bygget et treningssenter og en velværeavdeling. Bygget ble ferdigstilt på starten av 1980-tallet, men var gjennom en rehabilitering- og utbyggingsprosess i 2014. Store deler av rørsystemet ble rehabilitert og Apurgos vannbehandlingsystem ble montert. Svømmehallen er utstyrt med totalt fire bassenger. Et hovedbasseng på 50 m x 25 m, treningsbasseng på 25 m og to mindre bassenger. Svømmehallen har omtrent 250 000 besøkende hvert år, og benyttes spesielt av lokale skoleklasser (11 til 12 klasser), svømmeklubben, lokale innbyggere, studenter og så videre. Det er jevnlig med aktivitet i dette bygget i forbindelse med svømming og treningssenteret. Merk, antall besøkende har vært betraktelig mindre under koronapandemien.

Bygg F hadde 15 garderober med to hovedgarderober til herrer og kvinner tilknyttet svømmehallen og treningssenteret, to garderober til velværeavdelingen, tre HC-garderober og åtte mindre herre-, kvinne- og barnegarderober fordelt på fire dusjanlegg. Det var også et storkjøkken. Bygget var utstyrt med sju VV-beredere av typen *OSO MAGC 600*, hver på 550 l. I tillegg var det et gråvanns-gjenvinningsanlegg av typen *Menerga Aquacond*. Samtlige garderober (utenom HC-garderoberne) var utstyrt med sensorstyrte sparedusjer som gikk på tidsintervall, med skillevegger mellom dusjene i noen garderober. Hovedgarderoberne hadde henholdsvis 22 og 15 dusjer til herre- og kvinne delen, mens resterende garderober hadde ni og fem dusjer. Det var også montert flere brannslanger i bygget. Se Figur 4.27 for bilder av utstyr og Tabell 4.6 for antall tappesteder.



Figur 4.27: Apurgos vannbehandlingssystem, dusjanlegg (velværeavdeling), dusjanlegg (hoved-herregarderobe) og Menerga Aquacond (med VV-beredere i bakgrunnen) Bygg F

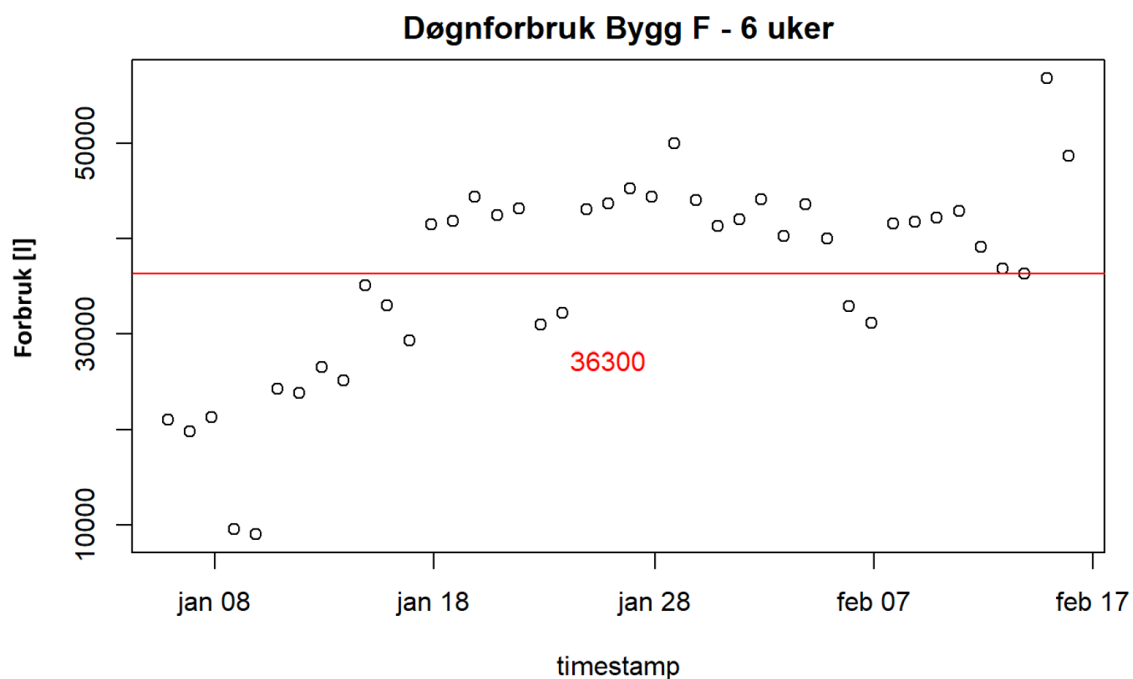
Tabell 4.6: Tappsteder Bygg F

Bygg F				
Tappested:	Dusj	Servant	Klosett	Annet
Antall:	87	49	45	27
Totalt:	208			

Det ble gjennomført en befaring på bygget 02. mai til 03. mai 2022.

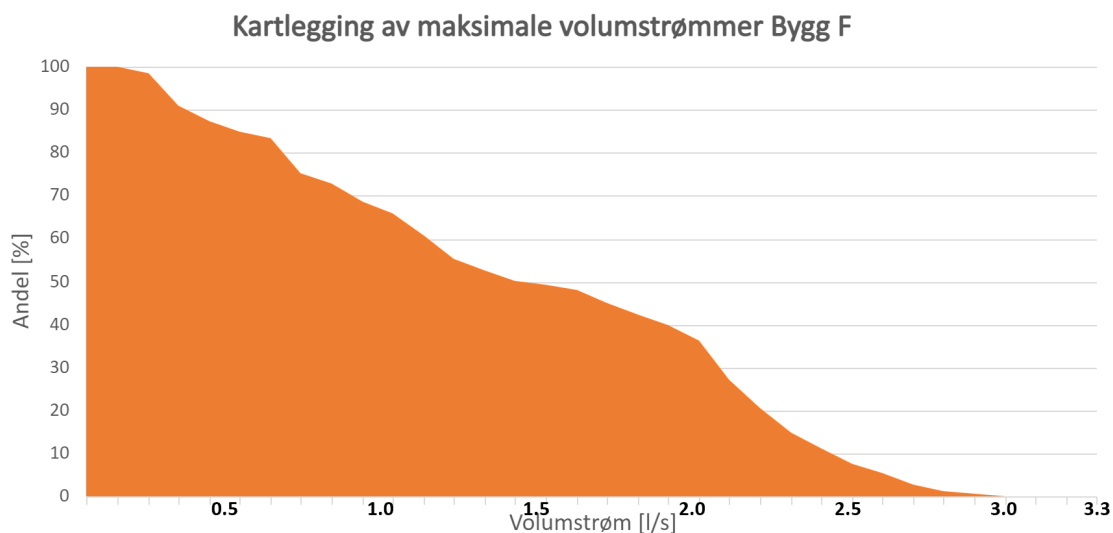
4.6.1 Vannforbruk

Figur 4.28 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.



Figur 4.28: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg F

Stikkledningen til Bygg F hadde en utvendig dimensjon lik 75 mm (3 tommer). Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 8,0 l/s. Av Figur 4.29 ser en at forbruket ikke er i nærheten av så høyt. Maksimal verdi over seksukersperioden var 3,3 l/s. Bygget hadde i seksukersperioden opplevd en reduksjon i besøkstall sammenliknet med tidligere, se Figur 4.30. Bygg F er også veldig stort, med 15 500 m² gulvareal og 208 tappesteder. Det er derfor vanskelig å si om Bygg F er overdimensjonert eller ikke.



Figur 4.29: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg F

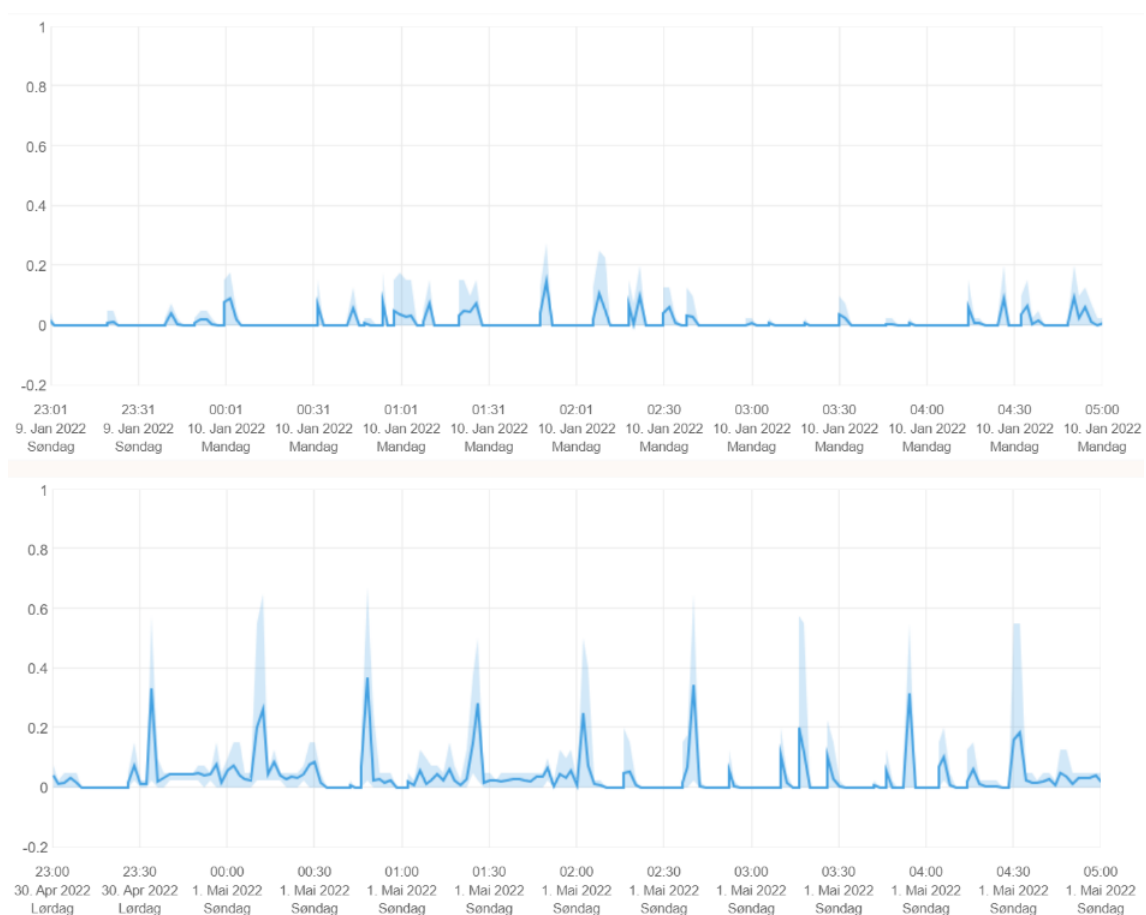
Årstall:	Januar	Februar	Mars
2014	42,101	38,852	34,495
2015	33,510	32,519	33,240
2016	34,137	33,445	30,031
2017	31,565	29,834	31,094
2018	29,481	29,473	29,246
2019	32,020	29,414	30,868
2020	30,821	30,508	10,470
2021	15,633	21,368	18,513
2022	18,657	22,939	24,880

Figur 4.30: Besøksstatistikk januar til mars Bygg F (2014 til 2022)

4.6.2 Nattforbruk

Ansvarlig driftspersonell fortalte at det ikke skulle være noe nattforbruk, men det ble likevel observert forbruk flere netter. Det hadde dog vært tilfeller der for eksempel et servantbatteri hadde stått på over natten. Seneste stengt tid var klokken 21:00 og det var ikke mulig å entre bygget etter. Det var også noe aktivitet etter stengt tid som at ansatte spylte og vasket dusjarealene etter behov, men dette varte ikke utover natten. Det var ingen andre vaskerutiner etter stengt tid. Driftspersonell nevnte derimot at det ble utført gjennomspyling av dusjanleggene, dersom dusjene hadde stått ubrukt i 12 timer. Driftspersonell var dog klar over at dette ikke var nødvendig, men nevnte at det ble gjort som en ekstra sikkerhet med tanke på legionella.

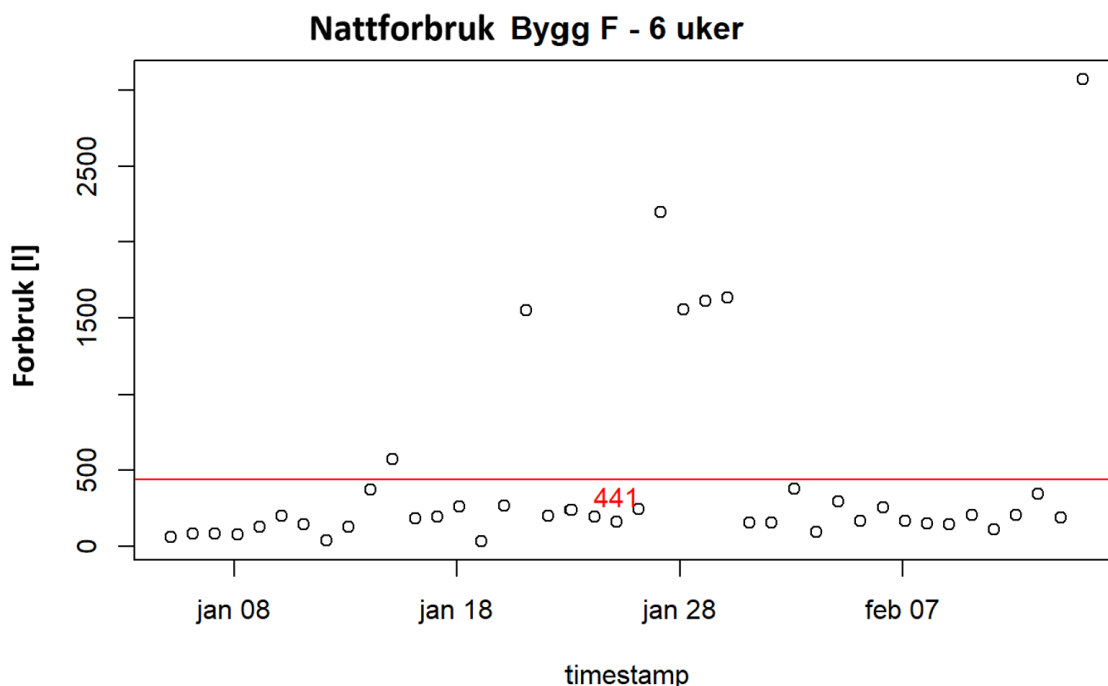
Figur 4.31 viser både hvordan nattforbruket og toppene varierte mellom hver natt, samt at nattforbruket økte rundt mai-perioden. Bygg F startet en større rehabilitering av flisene på hovedbassenget den 28.04.2022 og hadde siden den gang sett en reduksjon i antall besøkende. Mindre besøkende har dermed ført til færre besøkende, og da mindre dusjing. Det har dermed blitt en økning i nattforbruket (ikke på vannforbruket), da flere av disse dusjene står ubrukt og gjennomspyles hver 12. time frem til de blir brukt igjen.



Figur 4.31: Nattforbruk 10. januar og 01. mai Bygg F

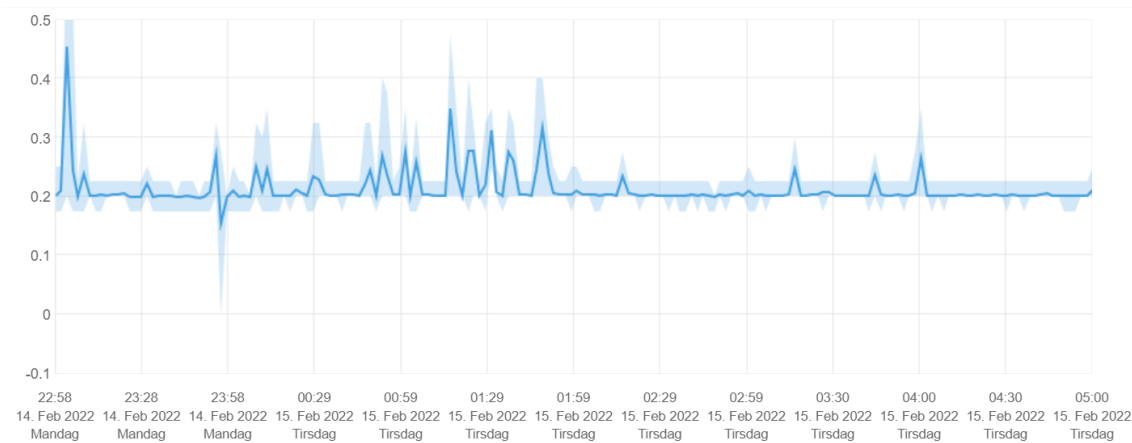
Figur 4.32 viser nattforbruket i seksukersperioden. Her var gjennomsnittlig vannmengde på 441 l. Noen netter var verre enn andre med et mer kontinuerlig vannforbruksmønster gjennom hele natten, mens noen netter hadde usymmetriske topper og hopp. Gjennomspyling av dusjanleggene er den mest sannsynlige årsaken til nattforbruket. I en såpass stor svømmehall med mange dusjer (87), er det ikke utenkelig at noen av dusjene står ubrukt i 12 timer og aktiverer en gjennomspyling. Sensorene kan også reagere på lys og belegg, som kan være en årsak til ekstra dusjsekvenser.

Når en ser på perioden 21. januar til 31. januar og natt til 15 februar viser figuren et svært høyt vannforbruk. Driftspersonellet fortalte at på dager med høye besøkstall i svømmehallen, klarte ikke bassenget å opprettholde temperaturen etter mye returskyllinger. Returskyllinger skjer når vannet renner over i slukristene som går rundt bassenget. Det ble da fylt opp med varmtvann ved hjelp av en vannslange, og denne pleide å ligge over natten. Driftspersonell var klar over at vann som har vært gjennom Apurgos vannbehandlingssystem ikke skal til bassenget, men det ble gjort siden små mengder ikke påvirker kloeffekten i betydelig grad.



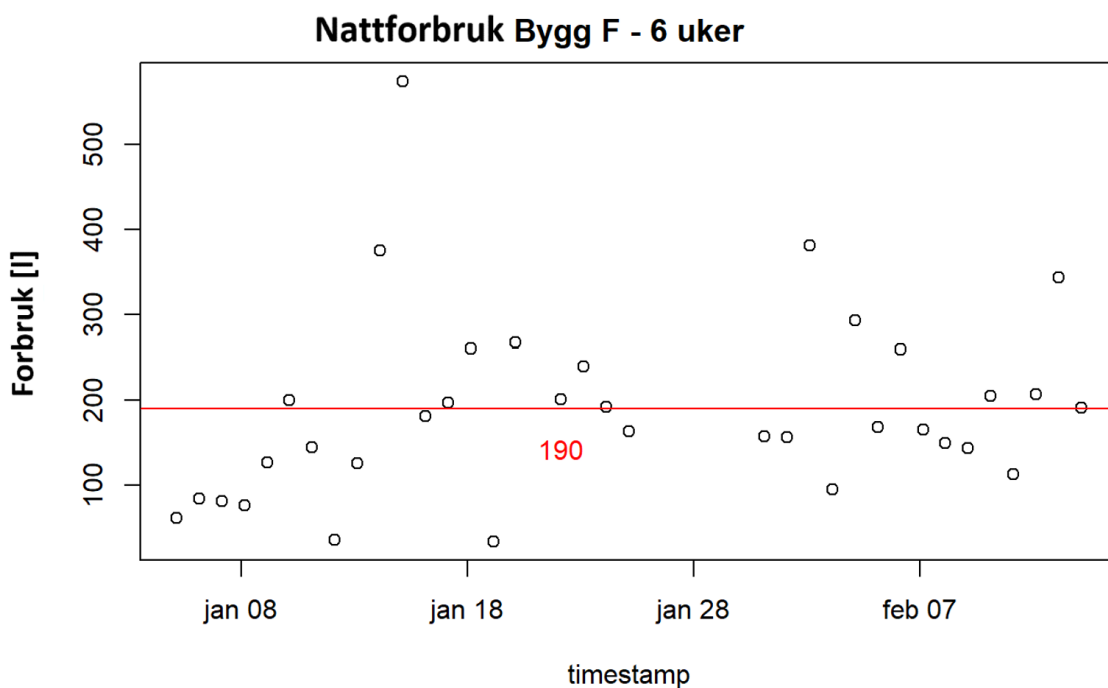
Figur 4.32: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg F

Figur 4.33 viser et tilfelle av kontinuerlig nattforbruk over natten. Forbruket skyldes at et tappested (to servanter eller hageslange) har blitt glemt og stått på utover natten. Toppene i figuren skyldtes gjennomspyling av dusjer.



Figur 4.33: Kontinuerlig nattforbruk 15. februar Bygg F

Figur 4.34 viser nattforbruket over seksukersperioden uten de seks høye alarmverdiene. Denne tas med for å få frem en mer representativ verdi for hvor mye vann som går med til gjennomspyling av dusjer. Når Apurgos vannbehandlingssystem er installert er dette helt unødvendig (se 2.6 *Legionella*).



Figur 4.34: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg F (uten høye alarmverdier)

Et gjennomsnitt på 190 l om natten utgjør 69 350 l i året. Det er mulig at forbruket til gjennomspylinger var høyere, da gjennomspyling også foregår på dagtid. Gjennomspyling på dagtid utgjør sannsynligvis et veldig lavt forbruk, ettersom at det da er mer sannsynlig at dusjene brukes før det har gått 12 timer. Totalt vannforbruk i løpet av 2021 utgjorde omtrent 12 500 000 l. Det er klart at 69 350 l

høres lite ut i forhold til det totale forbruket, men poenget er at det er et unødvendig forbruk som enkelt kan unngås.

4.6.3 Bøttetest

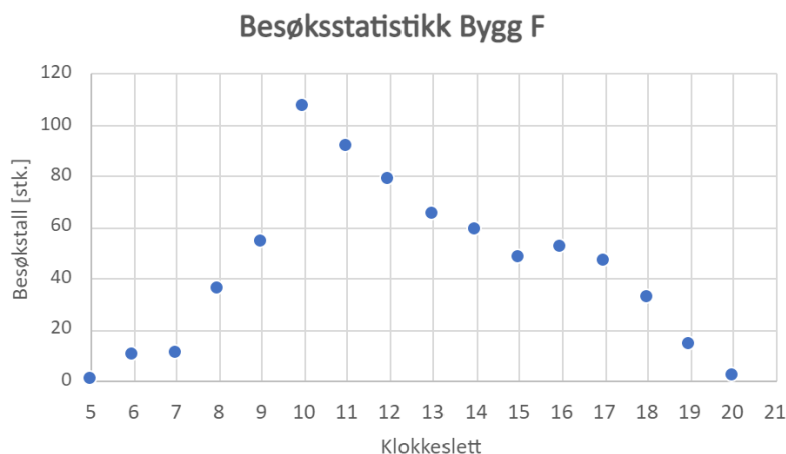
Alle resultatene fra bøttetestene ligger i Vedlegg *A.6 Bygg F*.

Det ble gjennomført bøttetester i herregarderoben til velværeavdelingen. Garderoben var utstyrt med fem sparedusjer, se Figur 4.27 for bilde av garderoben. Det ble gjort en test med en dusj på og deretter en test med maksimal samtidighet (100 %). Dusjene gikk som nevnt på tidsintervall med 30 s og hadde sensorstyring.

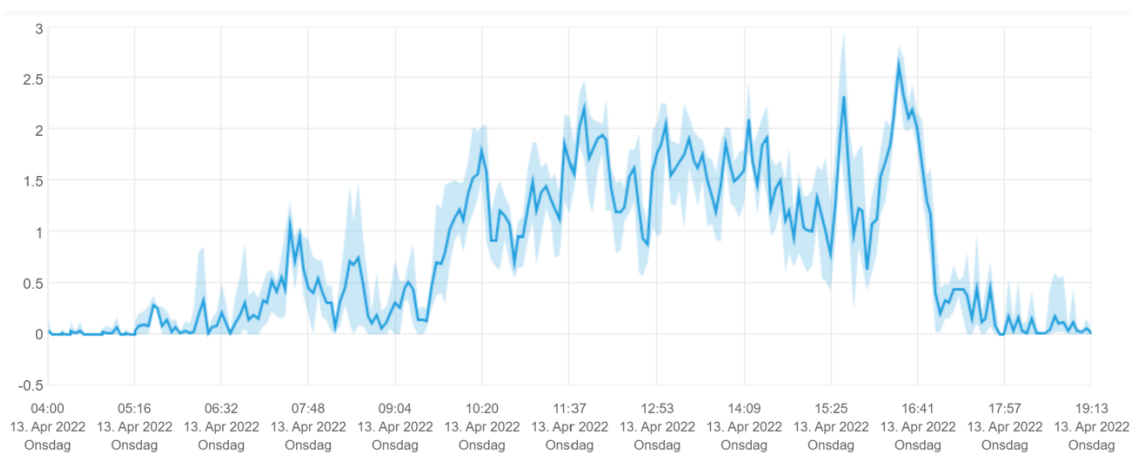
Ifølge databladet kan dusjene levere en volumstrøm på omtrent 0,13 l/s (eller 8 l/min) og at det gjennomføres gjennomspyling i 30 s (et tidsintervall) hver 12. time etter sist bruk. Se Vedlegg *F Datablad for sparedusjer Bygg F*. Av resultatene ser man at volumstrømmen blir lavere med 100 % samtidighet (nedgang fra 0,13 til 0,11 l/s), men reduksjonen var ikke så stor at den ville blitt lagt merke til av brukere. Verdiene var også innenfor tilfredsstillende mengde for sparedusjer og under normalreglementets verdi på 0,2 l/s. Det er derfor ingen tegn på at Bygg F er underdimensjonert.

4.6.4 Bruksmønster

Figur 4.35 viser besøkstall og vannforbruk for en gjennomsnittlig dag i april 2022. Vannforbruket har tilnærmet likt mønster hver dag i hele april, med unntak av fredager og helgene. Bygg F opplever høyest besøkstall mellom klokken 10.00 og 11.00 og man vil se for seg at vannforbruket er høyest i dette tidsrommet. I figuren ser man at det ikke er tilfelle. Det kommer tydelig frem at antall besøkende ikke nødvendigvis korrelerer med vannforbruket. Høyt besøkstall betyr ikke høyt vannforbruk. Vannforbruket avhenger av hva slags aktivitet som skal foregå i bygget. Dersom noen skal benytte svømmehallen må de dusje før og etter en entrer bassenget, men om en skal bruke treningssenteret er det ikke nødvendigvis gitt at en bruker dusjene.



Vannforbruk en vanlig dag i april 2022



Figur 4.35: Gjennomsnittlig besøksstall og vannforbruk i perioden april. 2022 Bygg F

4.6.5 Vann- og energikostnader

For Bygg F gjelder følgende kommunale vannavgifter: 33,49 kr/m³ for forsyningsvann og 40,44 kr/m³ for avløpsvann. Det totale vannforbruket som anses å være unødvendig eller lekkasjer var 69 350 l. Det gir en kostnad på 5 127 kr/år. I løpet av byggets levetid på 30 år blir det 153 800 kr.

Ved Bygg F ble det som nevnt utført gjennomspyling av dusjer. Om en antar at vannet som brukes må varmes opp fra 20 °C (på grunn av varmegjenvinning fra gråvann) til 38 °C (normal temperatur på dusjvann) og at 69 350 l går med til unødvendig gjennomspyling får en ved å bruke Formel 2.2 et energibehov på 1 456 kWh/år. Om en antar 1 kr/kWh får man en kostnad på 1 456 kr/år. I løpet av byggets levetid på 30 år blir det 43 700 kr.

For Bygg F blir det da i løpet av byggets levetid en unødvendig kostnad på 197 500 kr. Denne kostnaden kunne vært unngått ved å droppe gjennomspyling av dusjer.

4.7 Bygg G

Bygg G er en flerbrukshall med svømmehall og treningsrom som sto ferdig oppført i 2019 med et gulvareal på 6 637 m^2 . Svømmehallen er utstyrt med tre bassenger: et 25 m basseng, familiebasseng og terapibasseng. Hallen har et åpent tilbud for befolkningen og andre besøkende og tilbyr forskjellige treningsaktiviteter. I tillegg brukes det til svømmeopplæring for yngre og i andre skolesammenhenger. I tillegg til svømmehallen er det også tannlegekontor, fysioterapeut og annet.

Bygg G var utstyrt med fire garderober, to herre- og kvinnegarderober og to HC-garderober. Det var totalt 23 dusjer til sammen og dusjene var utstyrt med på-knapp. Garderobene benyttes til både svømmehallen og treningsrommet. Oversikt over antall tappesteder finnes i Tabell 4.7.

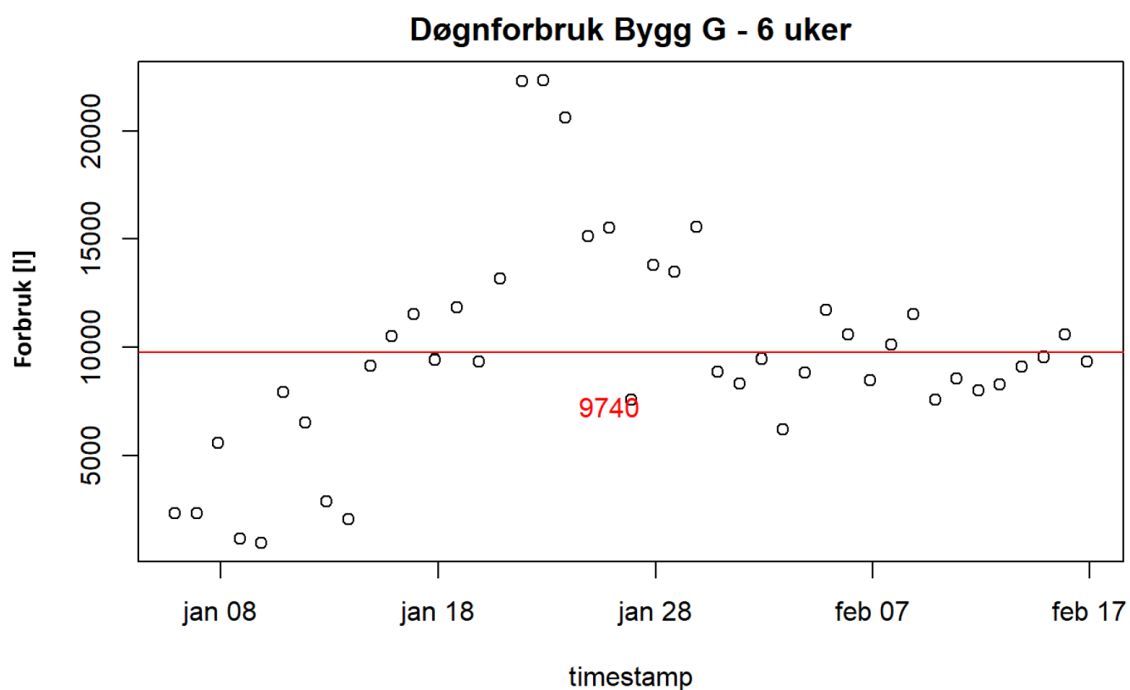
Det ble ikke gjennomført befaring på dette bygget, kun samtale via telefon eller mail med ansvarlig driftspersonell.

Tabell 4.7: Tappesteder Bygg G

Bygg G			
Tappested:	Dusj	Klosett	Servant
Antall:	23	25	36
Totalt:	86		

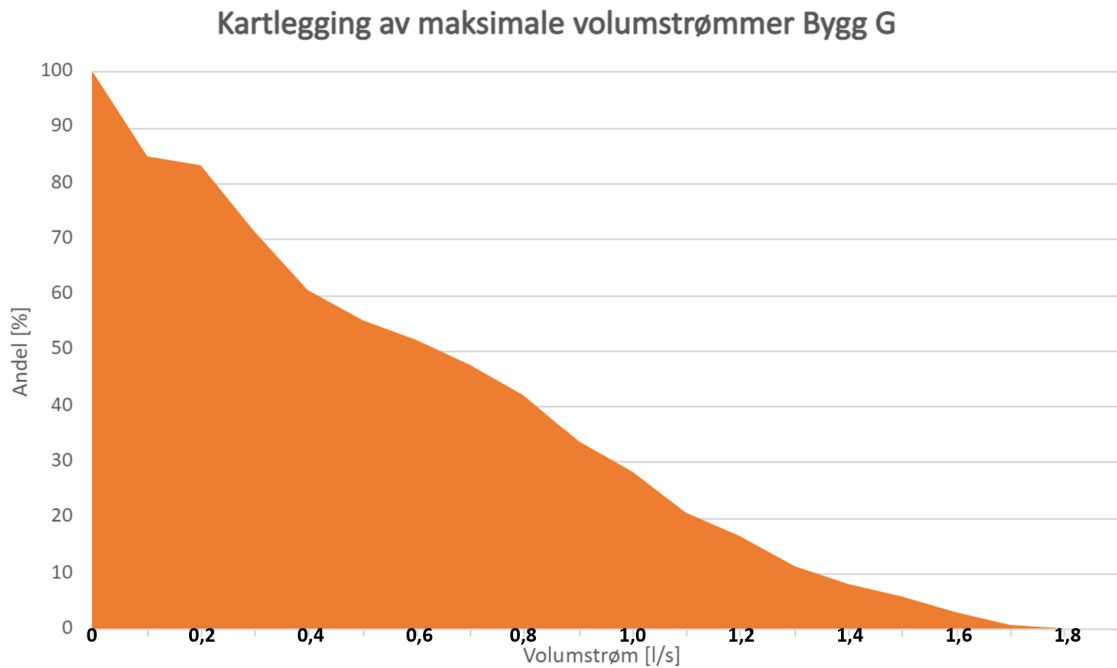
4.7.1 Vannforbruk

Figur 4.36 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.



Figur 4.36: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg G

Stikkledningen hadde en utvendig dimensjon på 75 mm (plastrør) og det antas da at den innvendige dimensjon er på 61,6 mm [24]. Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 5,9 l/s. Av Figur 4.37 ser en at vannforbruket over seksukersperioden ikke var i nærheten av så høyt. Høyeste målte vannmengde over seksukersperioden var 1,8 l/s. Samtidigheten er med andre ord lav, selv om døgnforbruket er forholdsvis høyt. Bygg G er et mellomstort bygg (6500 m² gulvareal) med få tappesteder (84) og det var heller ingen antydning til at bygget holdt større arrangement. Det var ikke mulig å oppdrive informasjon om hvorfor det ble dimensjonert 75 mm på stikkledningen. Slik gruppen ser det er Bygg G definitivt overdimensjonert.

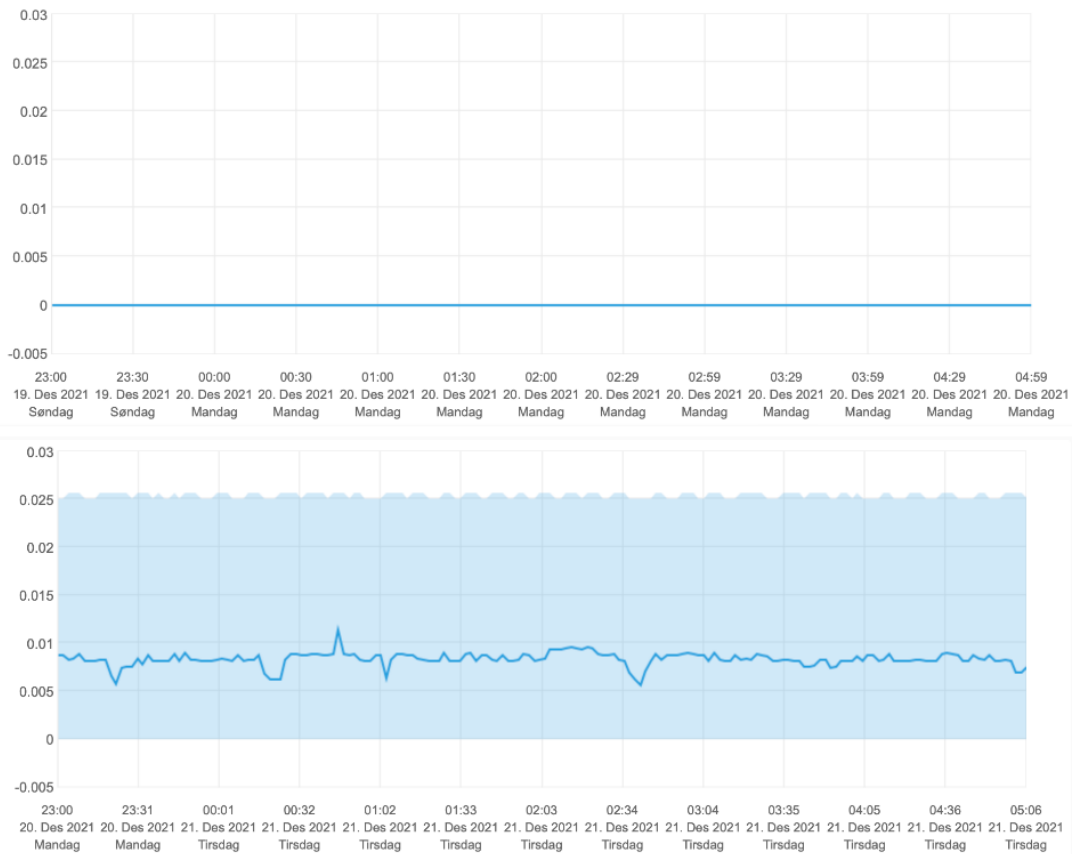


Figur 4.37: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg G

4.7.2 Nattforbruk

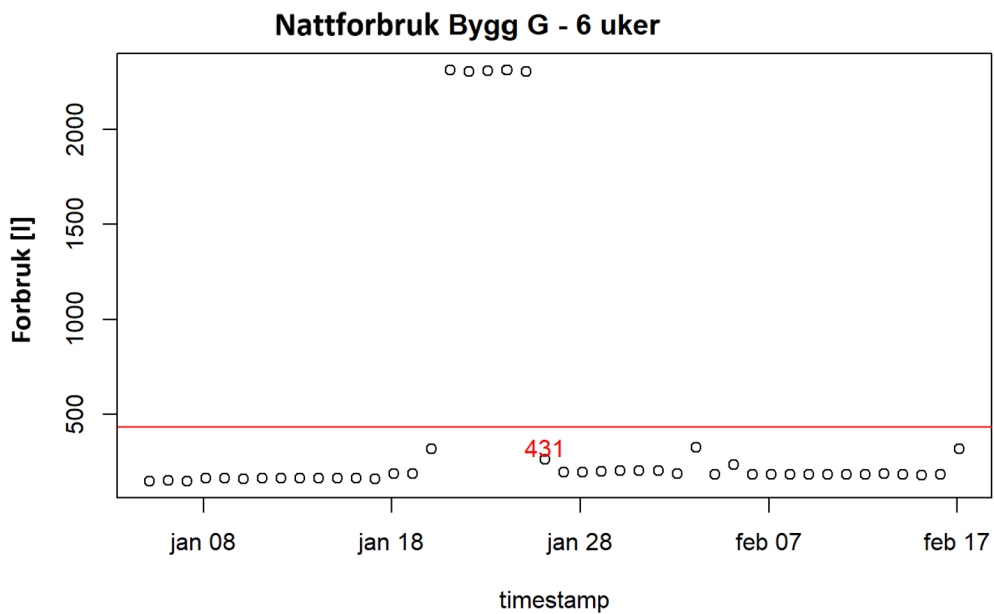
Hos Bygg G så en ofte tilfeller av nattforbruk. Forbruket var veldig kontinuerlig, og ga tidlige indikasjoner på at dette var mulige vannlekkasjer i bygget. Etter samtale med ansvarlig driftspersonell kom det derimot frem at det foregikk et prosjekt på bassengvannet. Prosjektet gikk ut på å heve alkaliteten i vannet som ble tilført bassengene. Det ble derfor tappet vann fra et tappested i underetasjen som sto litt åpen hele tiden. Driftspersonellet var også klar over at vann som har vært gjennom Apurgos vannbehandlingssystem ikke skal til bassenget, men her var det også snakk om små mengder (i underkant av 300 l).

Prosjektet startet desember 2021 i et enkelt basseng og skulle etter hvert inn i de andre bassengsystemene. Ser man tilbake til perioden desember 2021 ser en null vannforbruk om nettene, men utover måneden når prosjektet ble iverksatt kan en begynne å se forbruk på nattestid. Endring i forbruksmønster på nattestid underbygger driftspersonellets teori om at prosjektet er årsaken til forbruket. Eksempelvis, i Figur 4.38 ser man ikke vannforbruk om nettene før prosjektet ble iverksatt. Her ser man at vannforbruket i tidsrommet 20:00 til 05:00 er konstant nede på 0 l/s. Videre ser man derimot vannforbruket etter at prosjektet var i gang. Her ser man et forholdsvis kontinuerlig vannforbruk i tidsrommet 23:00 til 05:00. Vannmengden pulserer mellom 0,005 l/s og 0,01 l/s.



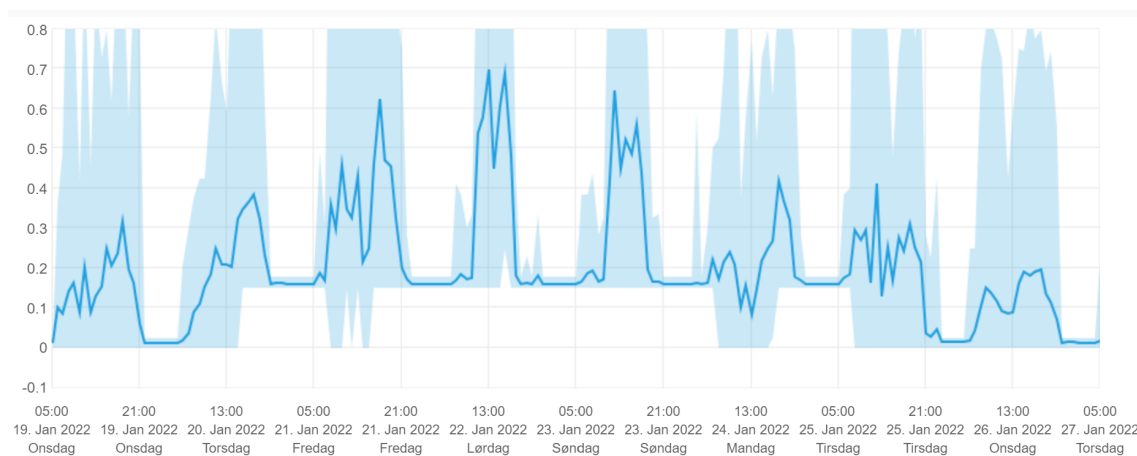
Figur 4.38: Nattforbruk før og etter iverksatt prosjekt Bygg G

Figur 4.39 viser nattforbruket over seksukersperioden. Gjennomsnittlig nattforbruk for perioden var 431 l. Her blir prosjektet om bassengvannet vist godt frem og en ser at mønsteret er likt store deler av perioden.



Figur 4.39: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg G

De fem høye verdiene i Figur 4.39 skyldtes ifølge driftspersonell en HC-dusj som sto påslått. I Figur 4.40 ser man et konstant forbruk på i underkant av 0,2 l/s fra perioden 20. januar til 25. januar. Av den grunn var det sannsynlig at HC-dusjen var årsaken til forbruket.



Figur 4.40: Høyt forbruk over fem dager Bygg G

4.8 Bygg H

Bygg H er en flerbrukshall som sto ferdig oppført i 2019 med et gulvareal på 8 500 m². Bygget er utstyrt med en stor idrettshall som kan deles inn i mindre baner eller en stor matchbane. Bygget innehar også klatrehall, treningsrom, klasserom, klubbhus og løpebane. Det er regelmessig aktivitet i idrettshallen, og det blir ofte benyttet til gymtimer for skoleklasser, trening for håndballaget og andre typer arrangementer. Hallen er lagt til rette for og har potensiale til å huse større idrettsarrangementer både nasjonalt og internasjonalt. Per dags dato (28.04.2022) har det vært ytterst få av disse idrettsarrangementene grunnet koronapandemien. Bygget er også disponibelt for utleie til andre arrangementer i helgene som konserter, messer og så videre.

Bygget var utstyrt med 20 garderober der 10 av de var større med plass til 26 personer samt 10 single dommer-/instruktørgarderober. Samtlige dusjanlegg bortsett fra HC-dusj var utstyrt med sparedusjer av typen “Delabie sportsdusjer”, med skillevegger mellom hver dusj. Dusjene gikk på omtrent 30 s tidsintervaller, med et vannforbruk på 0,1 l/s (eller 6 l/min) og betjenes via selvlukkende trykknapper. Se Vedlegg G *Datablad for sparedusjer Bygg H* for fullstendig datablad til dusjene. Alle bruker/publikums tilgjengelige blandebatterier er berøringsfrie, altså sensorstyrt. Renholdssentraler og kjøkken har ett-greps blandebatterier. Fullstendig oversikt over tappesteder ligger i Tabell 4.8.

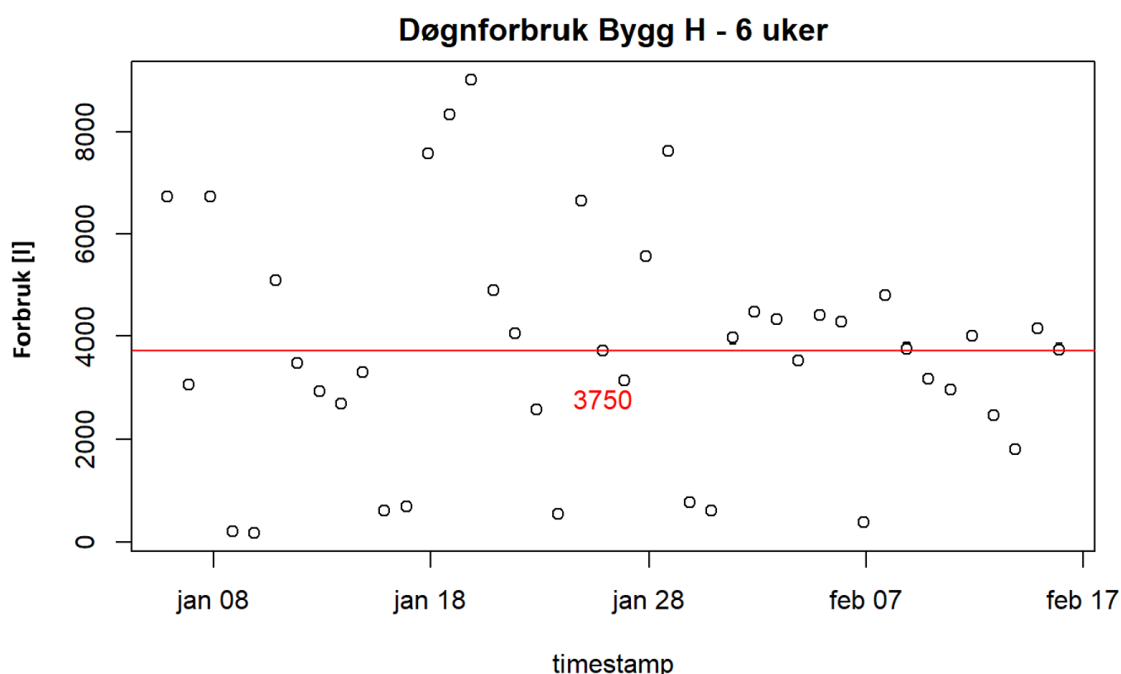
Det ble ikke gjennomført befaring på dette bygget, kun samtale via telefon og mail med driftspersonell samt bedrift som prosjekterte anlegget.

Tabell 4.8: Tappesteder Bygg H

Bygg H					
Tappested:	Dusj	Servant	Klosett	Kjøkkenkran	Skyllekar
Antall:	98	40	35	2	8
Totalt:	183				

4.8.1 Vannforbruk

Figur 4.41 viser vannforbruket per døgn i seksukersperioden.

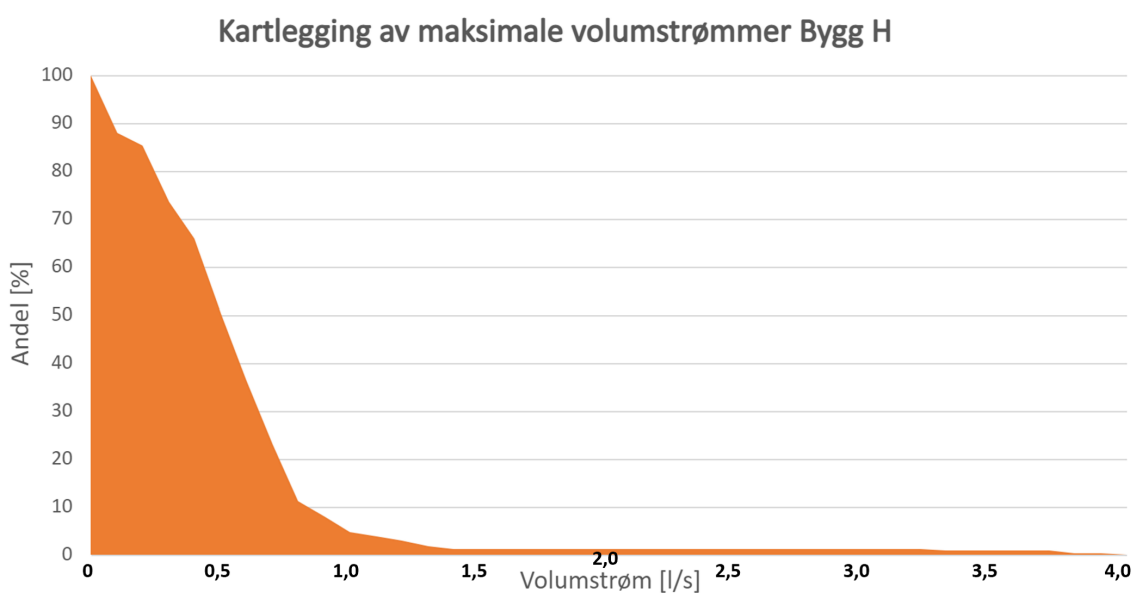


Figur 4.41: Oversikt over døgnforbruk over seksukersperioden for Bygg H

Driftspersonell ved bygget fortalte at de ikke hadde opplevd noen lekkasjer i rørsystemet. Det kom også frem at garderobene med dusjer er i bruk daglig, men at samtidigheten er lav. De opplevde at både yngre på skolen og idrettslagene sjeldent dusjer etter aktivitet. Lite bruk av dusjer anså de som negativt med tanke på at kapasiteten på rørsystemet er dimensjonert for et visst vannforbruk. Et slikt lavt forbruk byr på utfordringer som nevnt i 2.5.2 *Overdimensjonering*.

Figur 4.42 viser vannforbruket over seksukersperioden. Her kommer det klart frem at samtidigheten er veldig lav, der omtrent 95 % ligger under 1,0 l/s. Stikkledningen hadde en utvendig dimensjon på 63 mm (plastrør), det gir en innvendig dimensjon på 51,6 mm. Av Figur 2.5 betyr det at den skal kunne håndtere en største samtidig vannmengde på rundt 4,5 l/s. Maksimal verdi over seksukersperioden var 4,0 l/s. Som nevnt tidligere kan Bygg H huse større arrangementer og det har vært en avgjørende faktor ved dimensjoneringen. Prosjektleder for bygget informerte om at det var tilfelle.

Det var lagt opp til 98 dusjer og det er da en mulighet for at mange dusjer brukes samtidig ved større arrangement. Men, en volumstrøm på 0,10 l/s for dusj (se VedleggG *Datablad for sparedusjer Bygg H*) vil 98 dusjer tilsvare 9,8 l/s. At stikkledningen da er dimensjonert for under halvparten av dette, vil på mange måter si at det ikke har vært dimensjonert for maksimal samtidighet. Maksimal verdi over seksukersperioden var på 4,0 l/s og er en lav verdi hvis man ser på antall tappesteder i bygget (183). Det må igjen presiseres at bygget ikke har huset mange større arrangementer i denne perioden på grunn av koronapandemien. Det er derfor vanskelig å si med sikkerhet om bygget er overdimensjonert eller ikke, da man også kan argumentere for at det er underdimensjonert.

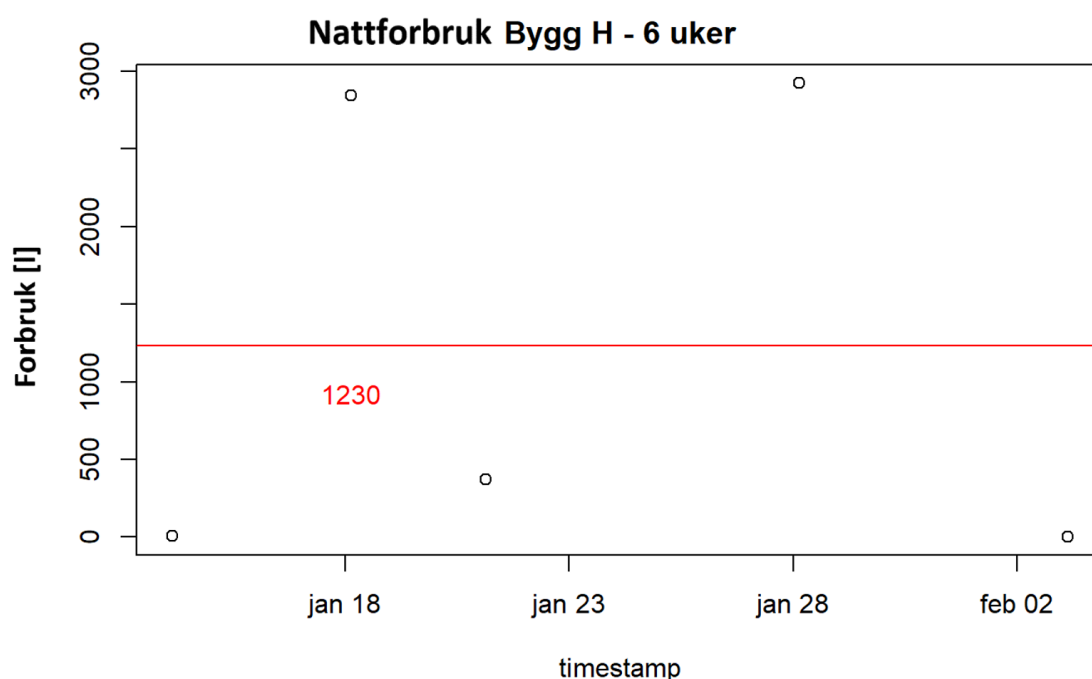


Figur 4.42: Oversikt over maksimale volumstrømmer over seksukersperioden for Bygg H

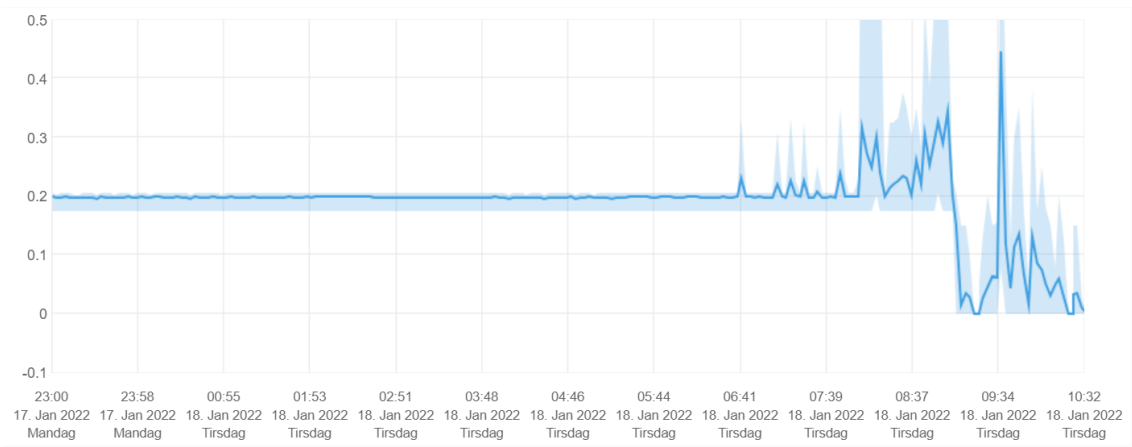
4.8.2 Nattforbruk

Det har vært tilfeller av nattforbruk i Bygg H. Forbruket har dog ikke symmetriske mønstre og har ikke slått ut alarmer. Det er heller ikke forbruk hver natt. Driftspersonell for Bygg H fortalte derimot at ved normal drift skulle det ikke være nattforbruk.

Figur 4.43 viser nattforbruket over seksukersperioden. Her kommer det frem at det ikke er noe særlig forbruk på nettene, med unntak av et par veldig høye forbruk. De høyeste toppene henholdsvis 18. og 28. januar var kontinuerlige forbruksmønstre på 0,2 l/s. Disse slo ut vannlekkasjealarm (både Alarm 1 og 2). Driftspersonell mente at alarmene skyldtes trykknappen på klosetter. At trykknappen henger seg opp er ikke det samme som et rennende klosett og vil utgjøre større vannmengder opp mot 3000 l over natten. Et klosett med trykknapp som har hengt seg opp vil gjøre at sisternen fylles etter med maksimal vannmengde (0,2 l/s). Derav får en et kontinuerlig vannforbruk. Figur 4.44 viser nattforbruket 18. januar. Her ser en hvordan et klosett med trykknapp som har hengt seg opp ville sett ut. På figuren ser en at problemet ble utbedret på morgenen. Den andre toppen 28. januar var lik den som skjedde 18. januar.



Figur 4.43: Oversikt over nattforbruk i seksukersperioden Bygg H



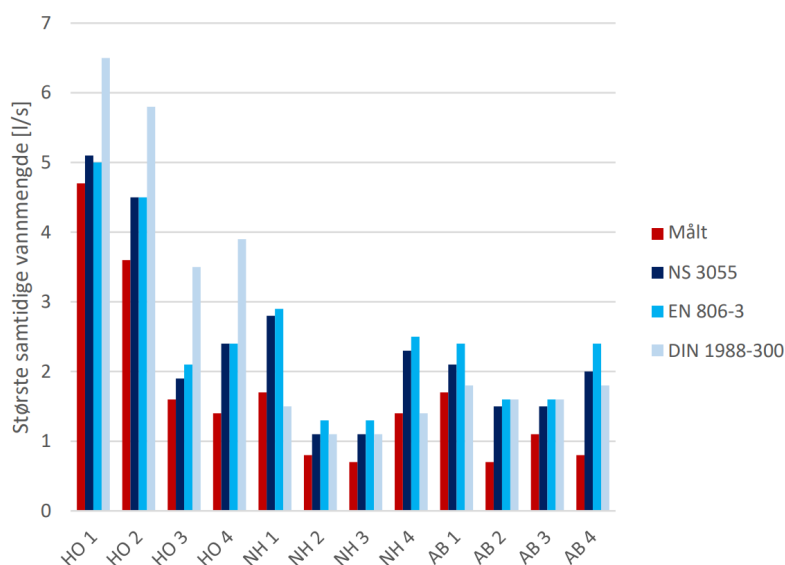
Figur 4.44: Nattforbruk 18. januar Bygg H

5 Oppsummerende diskusjon

I denne delen diskuteres det rundt sentrale punkter som gruppen vil ta for seg helhetlig. Her legges det frem generelle funn og erfaringer gjort i 4 *Resultat og diskusjon* for alle byggene. Det vil dog trekkes frem sentrale funn og eksempler fra enkelte bygg, dersom dette i større grad underbygger det gruppen ønsker å få frem.

5.1 Overdimensjonering

I forbindelse med Varmtvann2030-prosjektet ledet av SINTEF ble det gjort noen feltmålinger for å belyse overdimensjonering. Det ble foretatt målinger av største samtidige vannmengde og disse ble sammenliknet med beregninger av største samtidige vannmengde i henhold til tre forskjellige dimensjoneringsstandarder: NS 3055:1989, EN 806-3:2006 og DIN 1988-300:2012. Målingene ble gjort på hoteller, sykehjem og boligblokker, men det er ut ifra 4 *Resultat og diskusjon* og tidligere SIAT-undersøkelser grunn til å tro at situasjonen er lik for idrettsbygg [1]. Resultatene fra *VarmtVann2030*-prosjektet er lagt fram i Figur 5.1.



Sammenligning av feltmålinger og beregninger iht. dimensjoneringsstandarder. Hoteller er forkortet HO, sykehjem til NH og boligblokker til AB.

Figur 5.1: Målt sammenliknet med beregnet største samtidige vannmengde [36]

Resultater fra *VarmtVann2030*-prosjektet til SINTEF viser at beregningsmetodene i NS 3055:1989 overestimerer største samtidige vannmengde for fordelingsledninger, sammenliknet med målte verdier. Majoriteten (99,9 %) av vannmengdene ligger på et betydelig lavere nivå enn den enkelte målte maksimale vannmengden [37].

Overestimering av vannbehovet kommer også tydelig frem i måledata for de ulike byggene som er blitt sett på i denne oppgaven (se Vedlegg B *Kartlegging av maksimale volumstrømmer*). Overestimeringen av vannbehovet fører følgelig med seg en overdimensjonering av forsyningsledninger samt andre komponenter.

Overestimeringen av største samtidig vannmengde kan komme av flere årsaker, men ut ifra bøttetesten kommer spesielt en av dem frem. I henhold til NS 3055:1989 skal en dusj dimensjoneres for 0,2 l/s (se Figur 2.2). Resultatene fra bøttetesten viser at en dusj i realiteten ikke bruker 0,2 l/s. Den lave volumstrømmen skyldes at en i dag benytter mer og mer vannbesparende armatur (se 2.3.6 *Vannbesparende armatur*). De lave volumstrømmene kommer også frem i *VarmtVann2030*-prosjektet til SINTEF. Om et dusjanlegg dimensjoneres etter normalvannmengdene i NS 3055:1989 (Figur 2.2), er det da åpenbart at en overestimerer største samtidige vannmengde om bygget skal ha vannbesparende armatur.

Konsekvensene av overdimensjonering er forklart i 2.5.2 *Overdimensjonering*.

5.2 Underdimensjonering

Det er gode grunner til å forsikre at underdimensjonering av sanitæranlegg ikke oppstår og det kan også være en grunn til at en ser flere tilfeller av overdimensjonering. Konsekvensene av et underdimensjonert sanitæranlegg byr på større problemer enn et overdimensjonert. Disse går gjennom i 2.5.3 *Underdimensjonering*.

En underdimensjonering er også noe som vil oppdages av forbrukerne. Det gjør at et underdimensjonert sanitæranlegg bringer mer negativ oppmerksomhet til bedriftene som har prosjektert det, enn et overdimensjonert sanitæranlegg. Et overdimensjonert sanitæranlegg er noe en vanlig forbruker ikke vil legge merke til, da tappestedene vil gi tilfredsstillende vannmengde.

5.3 Forsyningsikkerhet og samtidighet

Det blir nevnt i 5.1 *Overdimensjonering* at alle byggene basert på målinger er overdimensjonert. En del av overdimensjoneringen kan skyldes forsyningsikkerhet, og i hvilken grad det har blitt vurdert som viktig i dimensjoneringen av bygget. For idrettsbygg er det mer sannsynlig med høy samtidighet i forhold til andre typer bygg. Av den grunn er forsyningsikkerheten ofte avgjørende for dimensjoneringen.

For å unngå at forsyningsikkerheten blir unødvendig stor, kan det være aktuelt å få til en bedre dialog mellom byggherre og entreprenør. Om entreprenør informerer om problemene ved overdimensjonering, både økonomiske og med tanke på legionella, er det mulig at en får redusert forsyningsikkerheten noe.

Forsyningsikkerheten må vurderes på en annen måte enn det gjøres i dag, da det får konsekvenser når bygget ikke opplever samtidigheten det er dimensjonert for.

Konsekvensene for under- og overdimensjonering er ulike (se 2.5.3 *Underdimensjonering* og 2.5.2 *Overdimensjonering*). Av den grunn er en nødt til å vurdere hvor sikker vannforsyning en ønsker [31]. Hva skal bygget brukes til? Er det sannsynlig at bygget ofte vil ha mange besøkende på en gang, eller vil bygget sjeldent oppleve høy samtidighet?

5.3.1 Samtidighet

Det er lite hensiktsmessig å dimensjonere for en høy samtidighet om sannsynligheten for at bygget opplever det er veldig lav. Samtidigheten som følge av systematisk benyttelse er kanskje en av de større grunnene til at forsyningsledninger i spesielt idrettsbygg overdimensjoneres. Det skal i praksis være mulig for bygg at hver eneste dusj, eller hvert eneste tappested brukes samtidig. Nåværende dimensjoneringsmetode tar av den grunn stor høyde til samtidighet. Resultatene i denne oppgaven viser likevel at byggene sjeldent opplever høy samtidighet. I Vedlegg B *Kartlegging av maksimale volumstrømmer* ser en at hvert enkelt bygg sine maksimale volumstrømmer, ligger et godt stykke under største samtidige vannmengde som stikkledningen er dimensjonert for.

5.3.2 Forsyningstrykk vannverk

Vannverket opererer med et gitt forsyningstrykk ved inntaket til bygget. Det er vanlig at dette ligger mellom 7 og 9 Bar. Om vannverket en gang i fremtiden ikke er i stand til å levere dette trykket kan det få følger for vanntilførselen i bygget. Små komponenter og forsyningsledninger har ofte et høyere trykktap enn større. Om en da har dimensjonert rørsystemet innad i bygget med så små dimensjoner og komponenter som mulig, kan dette bli problematisk om forsyningstrykket endres. Det som kan skje er at trykktapet i rørsystemet blir så stort at forsyningstrykket ikke er høyt nok til å sikre tilfredsstillende vanntilførsel. Endring i forsyningstrykk kan også være en grunn til at rørsystemet overdimensjoneres.

5.3.3 Endring av bygg

Et argument for overdimensjonerte rørsystemer er muligheten til å kunne gjøre fremtidige endringer og likevel kunne dekke behovet for ny bruk. Et bygg med lav samtidighet eller lavt vannforbruk kan en gang bygges om eller utvides, og bli et bygg som opplever høy samtidighet eller har et høyt vannforbruk. Endring av bygg kan derfor også være en av grunnene til at bygg blir overdimensjonert. En overdimensjonering gir bygget en form for fleksibilitet med tanke på fremtidig bruk.

5.3.4 Større arrangement

Idrettsbygg som er aktuelle for ulike idrettsarrangementer, må ha kunne tilfredsstillende vannbehovet. Som nevnt kan beliggenheten påvirke hvor store arrangementene ender opp med å bli. Ved større idrettsarrangementer er det mer sannsynlig at samtidigheten blir høyere. Større arrangementer er derfor også en faktor som spiller inn ved dimensjonering av idrettsbygg.

Flere av byggene stiller seg også disponible for konserter, messer eller andre former for samlinger som kan tiltrekke mye folk.

5.4 Dimensjoneringsstandarder

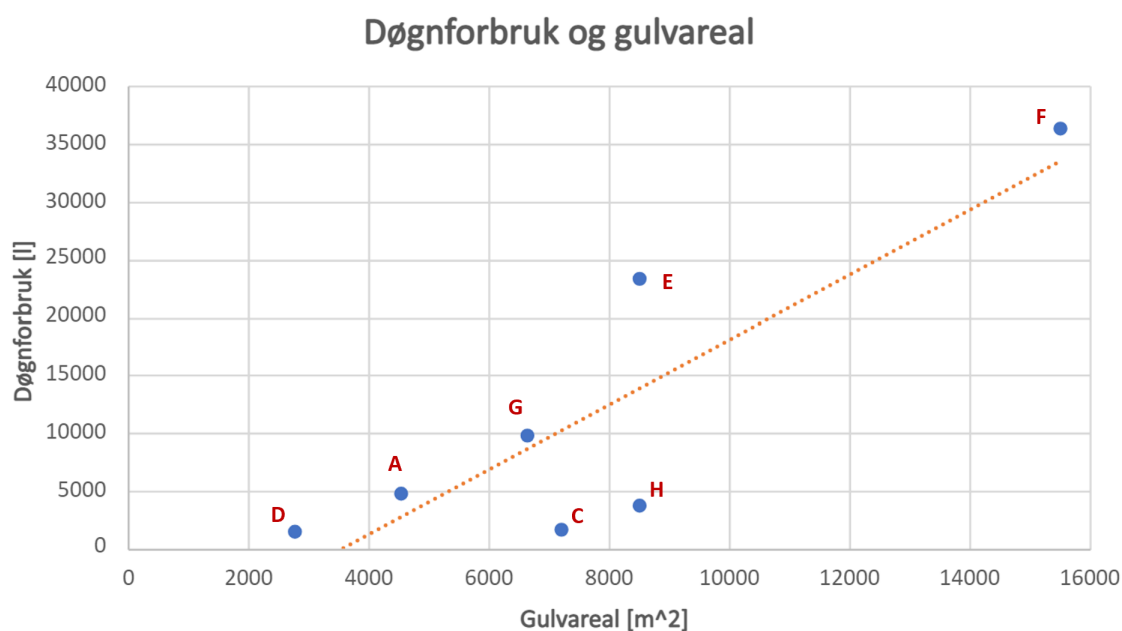
DIN 1988-300:2012 har vist seg å fungere bra over tid [14]. Det kan også ses på Figur 5.1, med unntak av for hoteller. DIN 1988-300:2012 benytter flere variabler i utregningen av største samtidige vannmengde sammenliknet med NS 3055:1989.

I skrivende stund er det mer eller mindre bransjepraksis å dimensjonere innvendige vannledninger etter NS 3055:1989 [38]. Normalvannmengdene i NS 3055:1989 er ikke oppdatert med hensyn til bruk av vannbesparende armatur eller andre rørmaterialer. I dag brukes mer plastrør, mens Tabell 2.5 tar utgangspunkt i kobberør. Resultatene fra Vedlegg A *Resultater* viser at volumstrøm for dusj ligger under 0,2 l/s, som er normalvannmengden det dimensjoneres for i NS 3055:1989.

Det er åpenbart at flere bygg overdimensjoneres og mange ingeniører er nok klar over dette. Å avvike fra standarden krever en del erfaring og tro på egen dømmekraft [12]. Frykten og konsekvensene for at systemet ikke fungerer som det skal er stor.

5.5 Vannforbruk og aktivitetsnivå

Av Figur 5.2 ser man at døgnforbruk og gulvareal korrelerer. Diagrammet er satt sammen av syv av de åtte byggene, og punktene er navngitt A, B og så videre ut ifra hvilket bygg det er. Bygg B ble utelatt ettersom at det var delvis nedstengt.



Figur 5.2: Korrelasjon mellom døgnforbruk og gulvareal

Av de åtte byggene som er sett nærmere på, er det klare forskjeller på bruk og aktivitetsnivå. Lokasjon, type bygg, størrelse på bygget og annet påvirker aktivitetsnivået i bygget. Ved å se på døgnforbruket til hvert bygg i 4 *Resultat og diskusjon*, ser en at disse faktorene påvirker i stor grad vannforbruket til de aktuelle byggene. Noen bygg brukes for eksempel til skolesammenhenger, slik at aktivitetsnivået kan øke i forhold til der dette ikke er tilfelle. Vannforbruket gjenspeiler heller ikke alltid bruksmønsteret, slik at et høyt besøkstall ikke trenger å bety et høyt vannforbruk.

Om morgenen ser en oftere et høyere forhold mellom vannforbruk og besøkstall. Det kommer av at mange skal videre på jobb og skole og av den grunn dusjer de på stedet fremfor å dra hjem. Senere på dagen ser en et lavere forhold mellom vannforbruk og besøkstall, da mange velger å gå hjem for å dusje.

5.6 Dusjvaner

Dusjanleggene i idrettshaller blir ikke alltid benyttet, og det er ofte tiltenkt at en må ha tilstrekkelig antall dusjer for å dekke behovet. Behovet kan for eksempel være nok dusjer til en skoleklasse, fotballag eller lignende. Det som en alltid ikke tenker over er at flere velger å ikke bruke disse dusjene. Dagens generasjon foretrekker ofte heller å dusje hjemme. En årsak er at en del yngre er sjenerte, føler ubehag og ikke vil vise seg nakne foran andre [19]. En annen årsak kan være at en synes dusjen hjemme er bedre, og at en i tillegg slipper å ta med ekstra klesskift, såpe og så videre.

I idretts- og svømmehaller brukes ofte sparedusjer som går på tidsintervall. Erfaringsverdier tilsier 25 l/dusj og dermed 50 l vann på to dusjsekvenser for en person i svømmehaller [2]. Lavere volumstrøm og vannmengde kan være en av flere årsaker som gjør at mange foretrekker å ikke dusje lenge i offentlige garderobes. Det finnes også grenser for hvor mange ganger en vil trykke inn knappen eller aktivere sensoren for å skru på dusjen, og dette kan også være en grunn til kortere dusjetid. I svømmehaller er en derimot nødt til å dusje før og etter en entrer bassenget. Generelt sett ser en derfor mer bruk av dusjanlegg i svømmehaller.

Et mulig tiltak kan være å introdusere skillevegger mellom hver enkelt dusj. Skillevegger i dusjarealene har vist seg å ha en oppdragende effekt [10].

5.7 Unødvendig vannforbruk og lekkasjer

Ved mange av byggene er det observert unødvendig vannforbruk og lekkasjer. Med unødvendig vannforbruk menes gjennom- og hettvannsspyling og med lekkasjer var det mange tilfeller som omhandlet klosetter.

5.7.1 Gjennomspyling og hettvannsspyling av dusjanlegg

Gjennom- og hettvannsspyling er tiltak mot legionellavekst ved aerosoldannende tappesteder (se 2.6 *Legionella*). Bygg A hadde hettvannsspyling, mens Bygg E og F hadde gjennomspyling av dusjer med 12 timers mellomrom. Gjennom- og hettvannsspyling er som nevnt i 2.6 *Legionella* unødvendig om en allerede har Apurgos vannbehandlingssystem installert. Et slikt forbruk er ikke bare sløsing av rent vann, men også sløsing av energi for oppvarming av vannet.

5.7.2 Lekkasjer

Etter samtaler med driftspersonell ved de ulike byggene, kom det frem at klosetter som renner er et problem. Generelt ses det at dess eldre bygget er jo mer unødig vannforbruk er det. Det kan også ta lang tid før lekkasjer oppdages og utbedres. Det resulterer i at større vannmengder går tapt. Et klosett som renner kan i løpet av en natt utgjøre et vannforbruk opp mot 800 l. Det er viktig å poengtere at et klosett som renner om natten, også vil renne på dagtid med mindre det blir observert og utbedret på stedet.

Bygg A hadde spesielt mange tilfeller av klosetter som rant. Det tok også lang tid før feilene ble utbedret. For å redusere denne tiden burde en hatt et lager med nye deler og utbedret lekkasjene fortløpende. Et tall på vannmengder tapt i lekkasjer ble i 4.1.2 *Nattforbruk* regnet ut til å være omtrent 375 000 l årlig. Rørsystem i Bygg A stammer fra opprinnelig byggeår (1970) og det er ikke urimelig å tro at situasjonen er likedan for andre bygg som også innehar rørsystem av eldre årgang.

Det har blitt observert flere sensortyper i løpet av befaringene. Noen av de oppleves som beskrevet i 4 *Resultat og diskusjon* som mer sensitive enn andre. Sensorene ved Bygg E og F har av og til forårsaket tilfeldig aktivering. Tilfeldig aktivering kan utbedres ved å vaske over sensorene.



Figur 5.3: Sensorstyrte dusjer Bygg A, B, E og F

5.8 Kostnader

Overdimensjonering, lekkasjer og unødvendig vannforbruk fører på forskjellig vis til store kostnader. Om en antar at byggets levetid er på 30 år kan det fort bli store summer.

5.8.1 Komponentkostnader

Ved et overdimensjonert sanitæranlegg kreves det som nevnt i 2.5.2 *Overdimensjonering* større komponenter og utstyr. Stengeventiler er et produkt som monteres på flere steder i sanitæranlegget. Det er ofte slik at flere stengeventiler vil gjøre servicer enklere for rørleggeren. Dersom en rørlegger har flere punkter å stenge vannet fra, kan en begrense nedtappingen av sanitæranlegget. I Tabell 5.1, 5.2 og 5.3 vises priser på ulike komponenter. Tabellene viser oversikt over hvor store endringer prisene får ved større dimensjoner, og angir kun materiellpris og ikke installasjon.

Tabell 5.1: Pris stengeventiler

Dimensjon [Nominell diameter]	Pris [kr]
15	110,-
25	226,-
40	584,-

Tabell 5.2: Pris kobberør

Dimensjon [mm]	Pris [kr/m]
35	675,-
42	820,-
54	1060,-

Tabell 5.3: Pris klammer

Dimensjon [mm]	Pris [kr]
35	12,-
42	14,-
54	18,-

Prisene er veiledende og er hentet fra *Brødrene Dahl* som er en lokal grossist i Trondheim. Prisen gir en oversikt over hvor mye en overdimensjonering påvirker totalprisen av bygget. Stengeventiler, kobberør og klammer er sentrale komponenter som et rørsystem trenger mange av.

Rørsystemet skal ha et maksimalt antall meter rør mellom hver klammer. Her tas det et eksempel på en liggende forsyningsledning. En liggende forsyningsledning skal ifølge Vedlegg H *Klammeravstand* (Tabell U2 i vedlegget), ha en klammeravstand på 2,5 m på rørdimensjoner fra 35 mm til 54 mm. Ser en på prisdifferansen som er oppgitt i Tabell 5.4 finner en differanseprisen på å gå fra 54 mm rørdimensjon og nedover. Her er det tenkt fire klammer på 10 m rør.

Tabell 5.4: Prisdifferanse per 10 m kobberør

Rørdimensjon [mm]	Pris [kr]
35	6798
42	8256
54	10672

Dersom sanitæranlegget er overdimensjonert kan det fort bli store kostnader. Merk, dette er kun eksempler på komponenter som blir dyrere. Det eksisterer mange andre komponenter som også øker i pris jo større de er.

5.8.2 VV-beredere

Som nevnt i 2.5.2 *Overdimensjonering* får en som oftest større komponenter ved overdimensjonering. Dersom en ser på VV-beredere, er det egentlig problematisk om disse overdimensjoneres?

For Bygg E var varmesentralen koblet til fjernvarmenettet. Prisen på varmen hentet fra fjernvarme følger strømprisene. Økonomisk sett vil en derfor hente ut minst mulig. Det vil heller være ønskelig for sluttbruker å ha et lavere effektuttak på veksleren og øke akkumuleringen. Det er fornuftig da et lavere effektuttak vil være billigere enn et høyere effektuttak.

Det er svært lite å hente på å senke beredervolumet, da større volum som oftest gir økonomiske besparelser [15]. Årsaken til dette er at det trengs mindre effektuttak fra varmekilden dersom en får lagret større vannmengder som varmes opp over tid. Stor akkumulering gir muligheter for at behovet blir dekket av vannet som allerede er lagret. En trenger dermed ikke hurtig oppvarming fra varmekilden. En større akkumulert vannmengde er spesielt aktuelt i tider med høye strømpriser.

Et underdimensjonert beredersystem er mye mindre akseptabelt blant forbrukerne, kontra et underdimensjonert rørsystem. Det er da grunn til å tro at et for stort beredervolum ikke har for stor betydning.

5.8.3 Vann- og energikostnader

Gjennom- og hettvannsspyling av dusjanleggene vil føre til ekstra vann- og avløpsavgifter. I tillegg vil det være ekstra energikostnader som går til oppvarming av tappevannet. Bygg A, E og F var henholdsvis byggene som hadde spyleprosesser. Kostnadene relatert til spyleprosessen kunne de ha spart seg for siden spyling unødvendig når Apurgos vannbehandlingssystem er installert.

Å ordne det slik at dusjanleggene ikke har automatisk gjennom- eller hettvannsspyling vil ikke være tidkrevende eller dyrt [23, 26]. Det er ikke nødvendig å skifte ut hele dusjpanelet. Det er mulig å programmere om dusjbatteriet. Å droppe gjennomspyling og hettvannsspyling på sanitæranlegg med Apurgos vannbehandlingssystem vil derfor være økonomisk gunstig. I tillegg får en et lavere vannforbruk som er positivt for miljøet.

6 Konklusjon

6.1 Overdimensjonering

I 4 *Resultat og diskusjon* og 5 *Oppsummerende diskusjon* blir det nevnt at de åtte byggene er overdimensjonert. Det må poengteres at selv om vannforbruket kanskje tilsier at bygget er overdimensjonert, kan det hende at det ikke er selve sanitæranlegget som har vært dimensjonerende.

I hvilken grad det er mulig å forsvare ineffektive varmeanlegg, stillestående vann og større komponenter er avgjørende for forsyningssikkerheten. Det er klart at flere av byggene har vurdert forsyningssikkerhet som viktig med tanke på større arrangement. En kan allikevel si at noen av byggene definitivt er overdimensjonert uavhengig av forsyningssikkerhet. Bygg A, C, D og G er de gruppen ønsker å trekke frem her.

Det er dog lett å være etterpåklok når en har tilgang på det faktiske vannforbruket. Å forutse bruken til et fremtidig bygg er vanskelig.

6.2 Forslag til endringer i dagens dimensjoneringskriterier

Det foreslås at nåværende dimensjoneringsstandarder oppdateres med hensyn på vannmengder for vannbesparende armatur. Idrettsbygg inneholder ofte mange dusjer og disse er ofte sparedusjer. Allikevel dimensjoneres det etter en normalvannmengde som i noen tilfeller er dobbelt så høy som det sparedusjen bruker.

Den tyske standarden DIN 1988-300:2012 har vist seg i mange tilfeller å være mer nøyaktig enn NS 3055:1989, som nærmest er bransjepraksis i Norge i dag. DIN 1988-300:2012 tar mer hensyn til type bygg, størrelse på bygget og annet som påvirker bruken av tappesteder. NS 3055:1989 tar i likhet med flere andre standarder i bruk utdaterte matematiske modeller fra 1940-tallet. Det er på høy tid med en revisjon av nåværende dimensjoneringsstandard NS 3055:1989.

6.3 Unødvendig vannforbruk og lekkasjer

Det er en sammenheng mellom alder på bygg og lekkasjer i rørsystemet. Spesielt klosetter er av stor betydning. I bygg som normalt ikke skal ha nattforbruk kan en montere en automatisk stengeventil på vanninntaket. Denne vil stenge vanntilførselen i et satt tidsrom og hindrer følgelig unødvendig vannforbruk.

Å legge om til berøringsfrie tappesteder der det er mulig, vil hindre at for eksempel servanter står på over lengre tid. Ved bruk av sensorstyrte tappesteder er det også viktig å vaske over sensoren med jevne mellomrom, for å hindre tilfeldig aktivering.

Ved tre av byggene ble det gjennomført gjennom- eller hettvannsspyling av dusjanleggene. Gjennom- og hettvannsspyling er ikke nødvendig når Apurgos vannbehandlingssystem er installert, og kan redusere både vann- og energiforbruket til de tre byggene.

7 Feilkilder

7.1 Antall tappesteder

Når det kommer til antall tappesteder hos de utvalgte byggene, ble de fleste antallene tilsendt fra driftspersonellet hos de respektive byggene. For Bygg A, D og E hadde de dog ikke den oversikten over hvor mange tappesteder som var i bygget tilgjengelig. Eneste løsning var å telle over alle sammen manuelt.

For Bygg B og C ble det tilsendt antall dusjer fra Apurgo og totalt antall tappesteder fra ansvarlig driftspersonell. Det er dermed uvisst hvor mange servanter, klosetter og så videre som tilhører byggene.

7.2 Bøttetesten

For å redusere usikkerheten knyttet til måleverdiene fra bøttetesten og få en mer representativ verdi, ble det gjort flere målinger og regnet ut en gjennomsnittsverdi. Volumet i bøtten ble avlest med øyemål og tidtaking ble gjort med stoppeklokke på mobiltelefon.

7.3 Formidling av informasjon

Det var ikke like lett å opprette dialog med driftspersonell ved enkelte bygg. Det hendte også at informasjonen som ble gitt enten var mangelfull eller litt misvisende. Det er årsaken til at enkelte bygg beskrives mer fyldig enn andre. I tillegg var det ikke alltid at ansvarlig driftspersonell kunne møte gruppen, slik at en annen ble sendt i hens fravær. Vedkommende som da ble sendt hadde ikke full oversikt over sanitæranlegget og kunne av den grunn ikke svare på alle spørsmål.

Det må også tas forbehold om at innvendig diameter er usikkert ved noen vanninntak. Det gjelder byggene som hadde plastrør på stikkledningen. Dette fordi det ikke var mulig å oppdrive informasjon om trykkklasse, lengde og ruhet på røret. Ved hjelp av markedsavdelingen til *Pipelife* ble det forsøkt estimert en innvendig diameter.

7.4 Koronapandemien

Koronapandemien kan ha medført til annen bruk av byggene i denne oppgaven, særlig for bygg som arrangerer større arrangementer. Store deler av seksukersperioden var ilagt nasjonale smittevernsrestriksjoner. Det antas likevel at bruken var tilnærmet normal for mange av byggene, ettersom at det stort sett var skoleklasser og idrettslag som benyttet seg av fasilitetene som byggene innehar.

7.5 Usikkerhet vannmåler

Som nevnt tidligere ble vannmåleren i Apurgos vannbehandlingssystem benyttet. Det er rettere sagt to forskjellige vannmålere, den ene av typen *Sensus Meistream* med DN100 og den andre av typen *Elster M100i* med DN40 eller DN50. Datablad for de to ligger i Vedlegg I Datablad vannmåler: *Sensus Meistream* og J Datablad vannmåler: *Elster M100i*.

7.6 Kostnader

For utregning av vann- og energikostnader er det gjort noen antagelser. Det må tas forbehold om at verdiene som er brukt kan variere ut ifra når oppgaven leses. Det gjelder også for komponentkostnader.

Referanser

- [1] Bjørn Aas (SIAT). 2016.
- [2] Bjørn Aas (SIAT). Personlig samtale. 2022.
- [3] *Apurgo*. no. URL: https://www.apurgo.no/apurgo?gclid=Cj0KCQjw37iTBhCWARIsACBt1IwICtMtarbORcwxmeUM2Uh2T6s8AD08AZmsd2Qa0q_5_InT91ZhpuUaAs11EALw_wcB (sjekket 01.05.2022).
- [4] Anne-Marie Bomo og Maria Schade. «Vannforbruk i husholdninger. En erfaringsinnhenting». no. I: (2015), s. 176–177. URL: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2015_929348.pdf.
- [5] Eldrid Borgan. *Vi sløser med vannet i Norge. Det får konsekvenser for klima og miljø*. no. Section: naturvitenskap. Sep. 2019. URL: <https://forskning.no/biologi-hus-og-hjem-kjemi/vi-sloser-med-vannet-i-norge-det-far-konsekvenser-for-klima-og-miljo/1567885> (sjekket 22.04.2022).
- [6] Danva. *Danskernes vandforbrug er faldet støt i 30 år — Danva*. da. URL: <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/danskernes-vandforbrug-er-faldet-stot-i-30-ar?publisherId=5704931&releaseId=13565223> (sjekket 26.04.2022).
- [7] DEFRA. «Water conservation report 2018». en. I: (des. 2018), s. 26.
- [8] *Dimensjonering av vannledninger*. nb-no. Section: rhb. Aug. 2021. URL: <https://rhb.nemitek.no/3120401-artikkel-ledningsnett-sanitaer/dimensjonering-av-vannledninger/160886> (sjekket 29.04.2022).
- [9] FHI. *Råd for forebygging av legionellasmitte i hjemmet*. no. Jan. 2016. URL: <https://www.fhi.no/sv/smittsomme-sykdommer/legionella/legionellasmitte-hjemme-kan-forebyg/> (sjekket 04.05.2022).
- [10] Terje Krogsrud Fjeld. *Slik løser de «dusj-problemet» på denne skolen*. nb. Sep. 2014. URL: <https://www.adressa.no/forbruker/article10157810.ece> (sjekket 30.04.2022).
- [11] S Ingle, D C King og R Southerton. «Design and Sizing of Water Supply Systems Using Loading Units – Time for a Change?» en. I: (2014), s. 10.
- [12] S Ingle, D C King og R Southerton. «Design and Sizing of Water Supply Systems Using Loading Units – Time for a Change?» en. I: (2014), s. 3.

- [13] Lynne Jack, Sandhya Patidar og Achala Wickramasinghe. «An assesment of the validity of the loading units method for sizing domestiv hot and cold water services». I: *CIBSE* (feb. 2017), s. 13. URL: https://fonteva-customer-media-secure.s3.amazonaws.com/00D200000001ajWEAQ/CrSYTqKb_LUNA_report.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIXKKC2UMFWOOMTEQ&Expires=1651149799&Signature=DiWbS5arnQqlzLwLFrn3v2Q3A%3D (sjekket 28.04.2022).
- [14] Lynne Jack, Sandhya Patidar og Achala Wickramasinghe. «An assesment of the validity of the loading units method for sizing domestiv hot and cold water services». I: *CIBSE* (feb. 2017), s. 14. URL: https://fonteva-customer-media-secure.s3.amazonaws.com/00D200000001ajWEAQ/CrSYTqKb_LUNA_report.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIXKKC2UMFWOOMTEQ&Expires=1651149799&Signature=DiWbS5arnQqlzLwLFrn3v2Q3A%3D (sjekket 28.04.2022).
- [15] Sturla Johansen (Teknisk Salgsingeniør OSO Hotwater). Telefonsamtale. 2022.
- [16] Kommuneforlaget. *Tekniske Bestemmelser. Standard abonnementsvilkår for vann og avløp*. 2017, s. 11.
- [17] Kommuneforlaget. *Tekniske Bestemmelser. Standard abonnementsvilkår for vann og avløp*. 2017, s. 46.
- [18] Kommuneforlaget. *Tekniske Bestemmelser. Standard abonnementsvilkår for vann og avløp*. 2017, s. 50.
- [19] Ingvild-Anita Velde Køsling. *Vil ikke vise seg nakne for andre*. nb-NO. Jan. 2013. URL: <https://www.nrk.no/osloogviken/vil-ikke-vise-seg-nakne-for-andre-1.10867608> (sjekket 22.04.2022).
- [20] Miljøfyrtårn. *Vannbesparing — Stiftelsen Miljøfyrtårn*. nb-NO. Mar. 2019. URL: <https://www.miljofyrtarn.no/miljotips/vannbesparing/> (sjekket 26.04.2022).
- [21] S Mohammed mfl. «Assessing overestimation of water demand in different types of non-residential buildings in the UK». en. I: (2019), s. 4.
- [22] Norskvann. *KOSTRA-tall 2020: Kommunal vannforsyning — Norsk Vann*. nb-NO. Jun. 2021. URL: <https://norskvann.no/kostra-tall-2020-kommunal-vannforsyning/> (sjekket 07.04.2022).
- [23] Teknisk avdeling Oras. Telefonsamtale. 2022.
- [24] Pipelife. Telefonsamtale. 2022.

- [25] Rørentreprenørene. *Rørhåndboka 2022 Pluss - Skarland Press (312.04.1)*. Norsk. URL: <http://kompetansebiblioteket.no/Rorhandboka.aspx> (sjekket 09.05.2022).
- [26] Teknisk avdeling Shelby teknikk. Telefonsamtale. 2022.
- [27] Statistisk sentralbyrå. *Kommunal vannforsyning*. nb. URL: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/vann-og-avlop/statistikk/kommunal-vannforsyning> (sjekket 26.04.2022).
- [28] Dag Rune Stensaas. *Vannforsyning*. Forelesning. 2021.
- [29] Dag Rune Stensaas. *Varmtvannsforsyning*. Forelesning. 2021.
- [30] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 44. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 07.04.2022).
- [31] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 29. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 07.04.2022).
- [32] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 28. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 07.04.2022).
- [33] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 24. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 14.03.2022).
- [34] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 32. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 14.03.2022).
- [35] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. *Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg*. Norsk. Jun. 2021. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 12.03.2022).
- [36] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 5. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 07.04.2022).

- [37] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 48. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 07.04.2022).
- [38] Karolina Stråby, Harald Taxt Walnum og Åse Lekang Sørensen. «Dimensjonering av varmtvannsrør i bygg». Norsk. I: *Sintef* 102015126 (jun. 2021), s. 20. ISSN: 1894-2466. URL: <https://www.sintefbok.no/book/download/1295> (sjekket 07.04.2022).

A Resultater

A.1 Bygg A

Første test ble gjort med kun en dusj påslått.

Tabell A.1: Bygg A - en dusj

	Måling					Gjennomsnitt
	1	2	3	4	5	
Volum [l]	5,1	5,15	5,1	5,1	5,0	0,13
Tid [s]	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	
Volumstrøm [l/s]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	

Det ble så gjort en test på samme dusjen, men med de resterende ni dusjene også påslått. Dette for å simulere 100 % samtidighet.

Tabell A.2: Bygg A - en dusj 100 % samtidighet

	Måling					Gjennomsnitt
	1	2	3	4	5	
Volum [l]	4	4	3,8	4,1	3,9	0,10
Tid [s]	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	
Volumstrøm [l/s]	0,10	0,10	0,10	0,0,11	0,10	

Det ble også tatt en test på en servant. Servanten hadde, i likhet med dusjene, sensorstyring.

Tabell A.3: Bygg A - en servant

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,2	4,2	4,2	0,14
Tid [s]	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,14	0,14	0,14	

A.2 Bygg B

Den første dusjen det ble gjort bøttetest på var plassert ytterst på rørstrekket.

Tabell A.4: Bygg B - en dusj (ytterst på rørstrekk)

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,7	4,7	4,7	
Tid [s]	30,4	30,4	30,4	
Volumstrøm [l/s]	0,16	0,16	0,16	0,16

Den neste dusjen det ble gjort bøttetest på var plassert først på rørstrekket.

Tabell A.5: Bygg B - en dusj (først på rørstrekk)

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,2	4,1	4,1	
Tid [s]	30,4	30,4	30,4	
Volumstrøm [l/s]	0,14	0,14	0,14	0,14

Neste måling ble tatt på ytterste dusjen, med fire andre dusjer på samtidig. Dette for å simulere 60 % samtidighet.

Tabell A.6: Bygg B - en dusj med 60 % samtidighet

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,2	4,1	4,1	
Tid [s]	30,4	30,4	30,4	
Volumstrøm [l/s]	0,14	0,14	0,14	0,14

Det ble så tatt en måling på ytterste dusjen, med de resterende syv dusjene påslått. Dette for å simulere 100 % samtidighet.

Tabell A.7: Bygg B - en dusj med 100 % samtidighet

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,4	4,1	4,2	
Tid [s]	30,4	30,4	30,4	
Volumstrøm [l/s]	0,15	0,14	0,14	0,14

Siste test i Bygg B ble tatt i en instruktørgarderobe. Rørsystemet her stammer fra da bygget sto nyoppført i 1977. Dusjen her ble styrt av en knapp, og ikke en sensor slik som tidligere.

Tabell A.8: Bygg B - en dusj i instruktørgarderoben

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	11,3	10,6	11,3	
Tid [s]	35	36	33	
Volumstrøm [l/s]	0,32	0,32	0,31	0,32

A.3 Bygg C

Først ble det tatt en test med kun en dusj påslått.

Tabell A.9: Bygg C - en dusj

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	3,2	3,4	3,2	
Tid [s]	28,4	28	27,6	
Volumstrøm [l/s]	0,11	0,11	0,10	0,11

Det ble så gjort en test på en annen dusj, resultatene var identiske.

Tabell A.10: Bygg C - en dusj

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	3,2	3,4	3,2	
Tid [s]	30,5	30,8	31	
Volumstrøm [l/s]	0,11	0,11	0,10	0,11

Deretter ble det gjort en test for en dusj, samtidig som de resterende tre var påslått.

Tabell A.11: Bygg C - en dusj med 100 % samtidighet

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	2,8	3,0	3,0	
Tid [s]	28	28	28	
Volumstrøm [l/s]	0,10	0,11	0,11	

A.4 Bygg D

Først ble det tatt test med kun en dusj påslått.

Tabell A.12: Bygg D - en dusj

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,1	4,2	4,3	
Tid [s]	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,14	0,14	0,14	

Det ble så gjort en test med 60% samtidighet.

Tabell A.13: Bygg D - en dusj med 60 % samtidighet

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,9	4,9	4,9	
Tid [s]	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,16	0,16	0,16	

Deretter ble det gjort en test med 100% samtidighet.

Tabell A.14: Bygg D - en dusj med 100 % samtidighet

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	5,0	5,1	5,1	
Tid [s]	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,17	0,17	0,17	

A.5 Bygg E

Det ble først gjort en test med en dusj påslått.

Tabell A.15: Bygg E - en dusj

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	5,1	5,1	5,1	
Tid [s]	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,17	0,17	0,17	0,17

Det ble så gjort en test med 100% samtidighet.

Tabell A.16: Bygg E - en dusj med tilnærmet 100 % samtidighet

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	4,9	4,9	4,9	
Tid [s]	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,16	0,16	0,16	0,16

Dusjen brukt i Tabell A.17 var ikke sensorstyrt, men ble satt på volumstrøm gruppen mente var normalt for håndvask.

Tabell A.17: Bygg E - en servant

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	3,1	3,1	3,1	
Tid [s]	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,10	0,10	0,10	0,10

Tabell A.18: Bygg E - en servant på HC-toalett (sensorstyrt)

	Måling			Gjennomsnitt
	1	2	3	
Volum [l]	1,0	1,0	1,0	
Tid [s]	10	10	10	
Volumstrøm [l/s]	0,10	0,10	0,10	0,10

A.6 Bygg F

Det ble først gjort en test med en dusj påslått.

Tabell A.19: Bygg F - en dusj

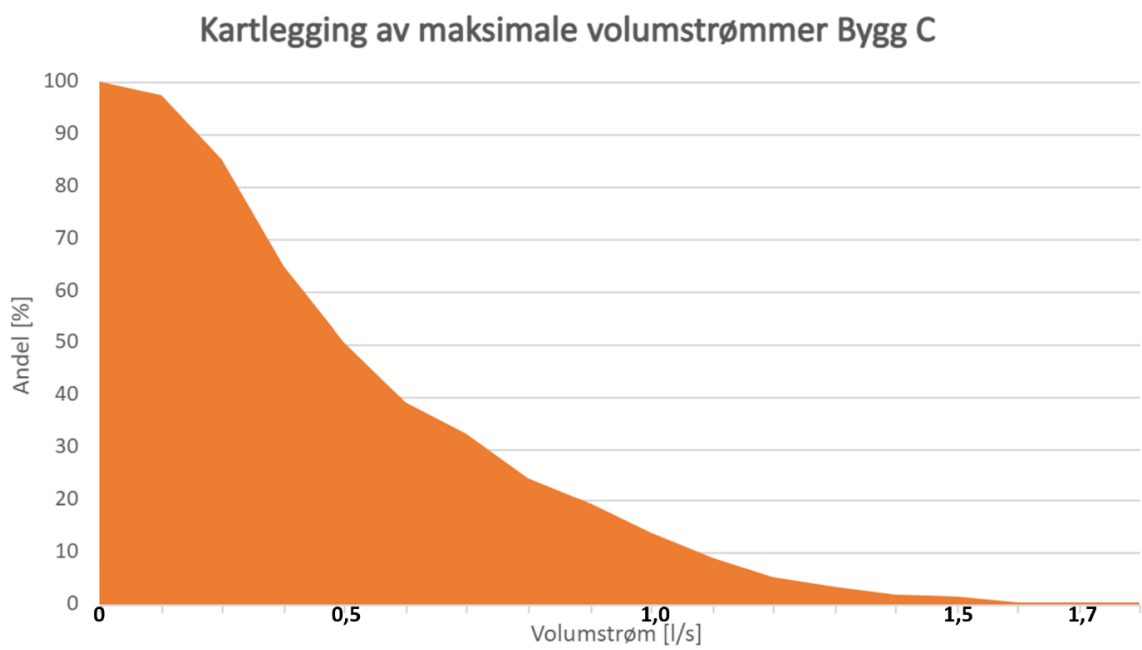
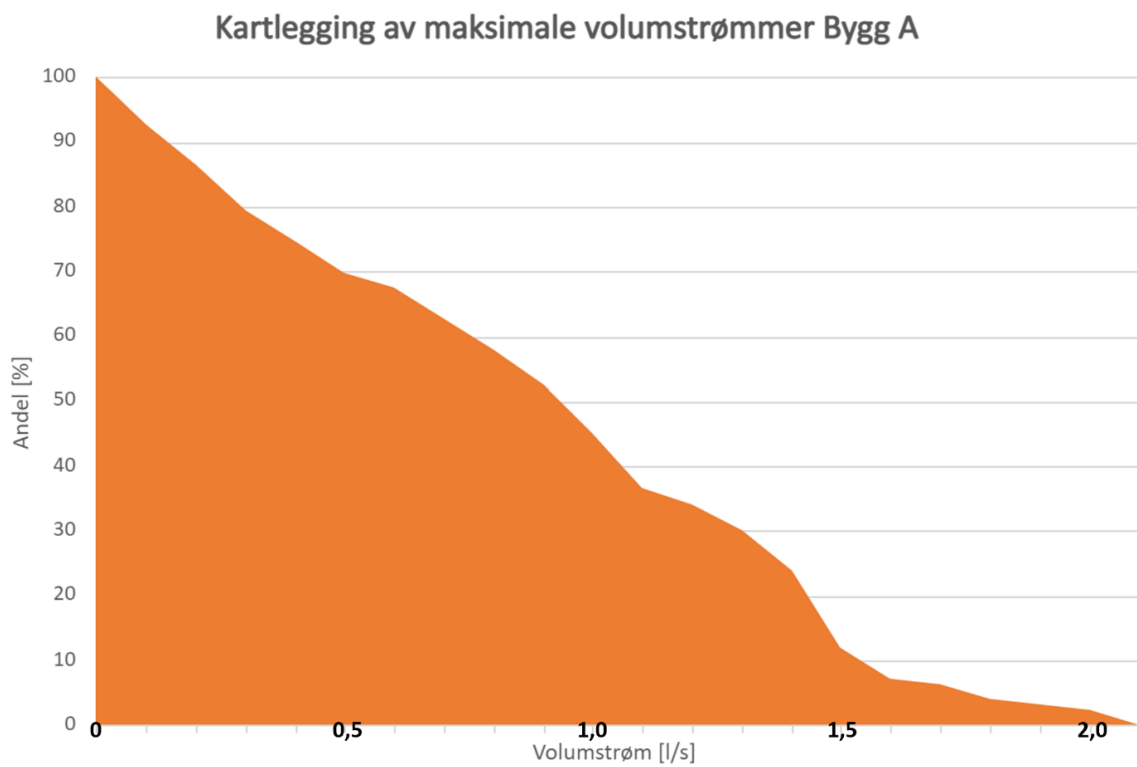
	Måling					Gjennomsnitt
	1	2	3	4	5	
Volum [l]	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	
Tid [s]	30	30	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13

Det ble deretter gjort en test med 100% samtidighet.

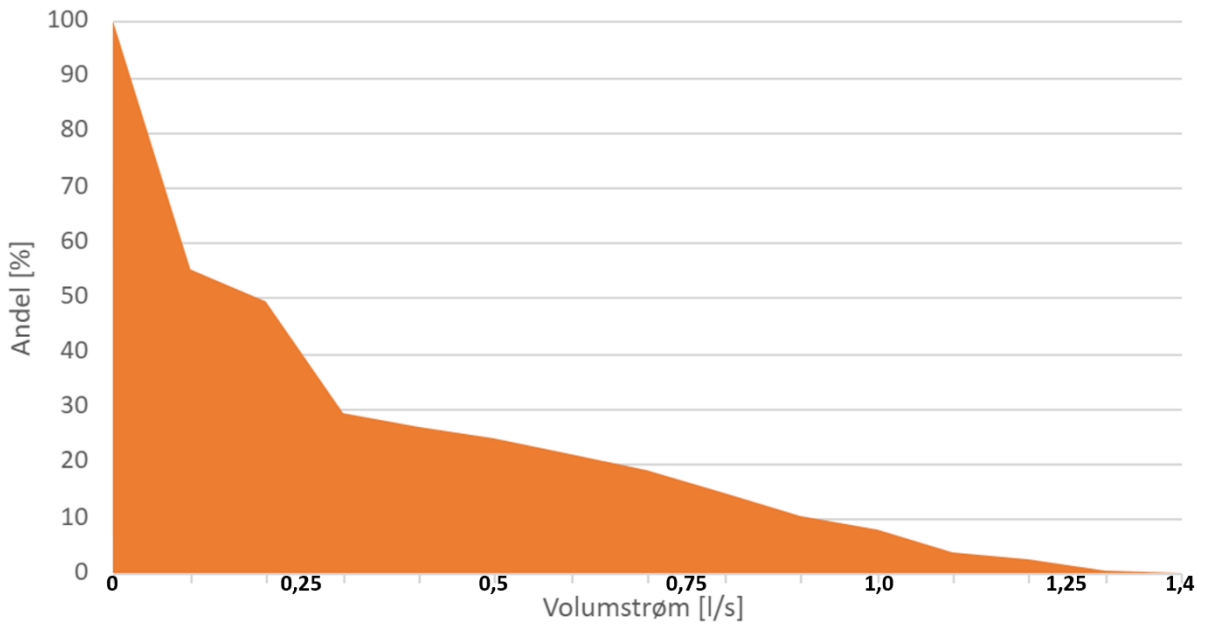
Tabell A.20: Bygg F - en dusj med 100 % samtidighet

	Måling					Gjennomsnitt
	1	2	3	4	5	
Volum [l]	3,5	3,4	3,3	3,4	3,4	
Tid [s]	30	30	30	30	30	
Volumstrøm [l/s]	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11

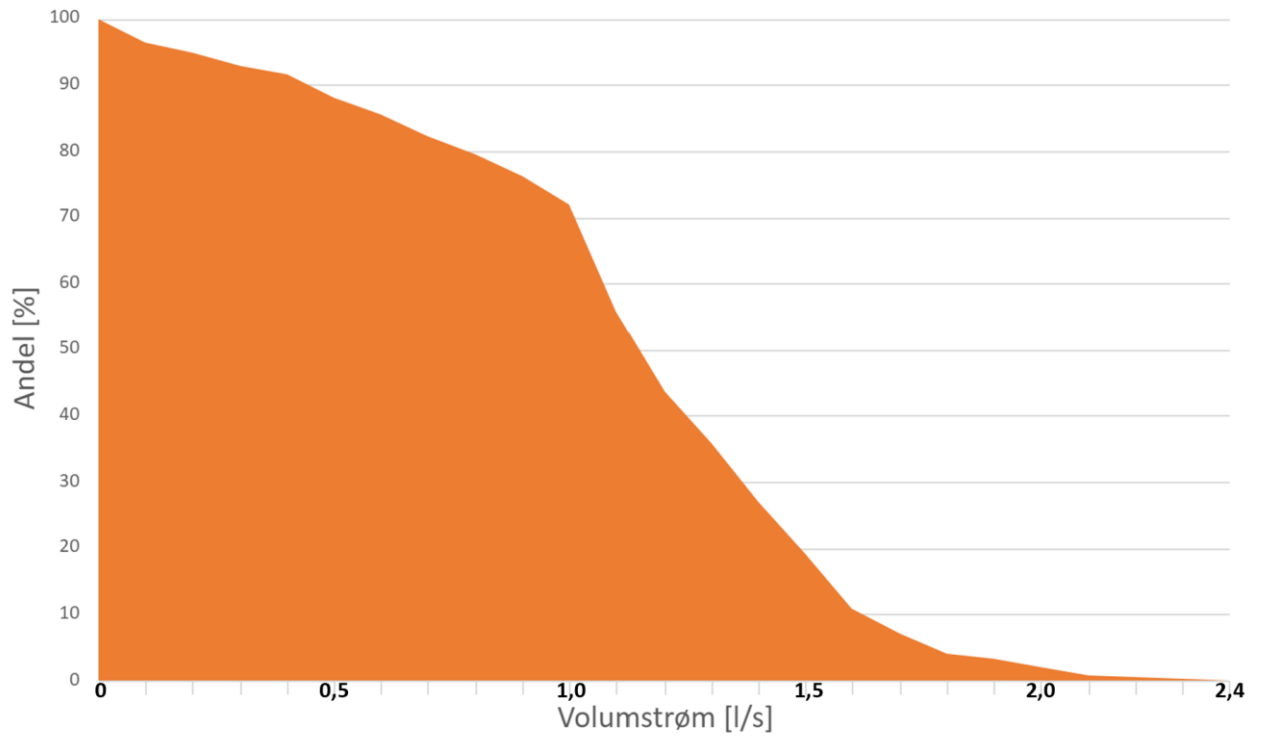
B Kartlegging av maksimale volumstrømmer



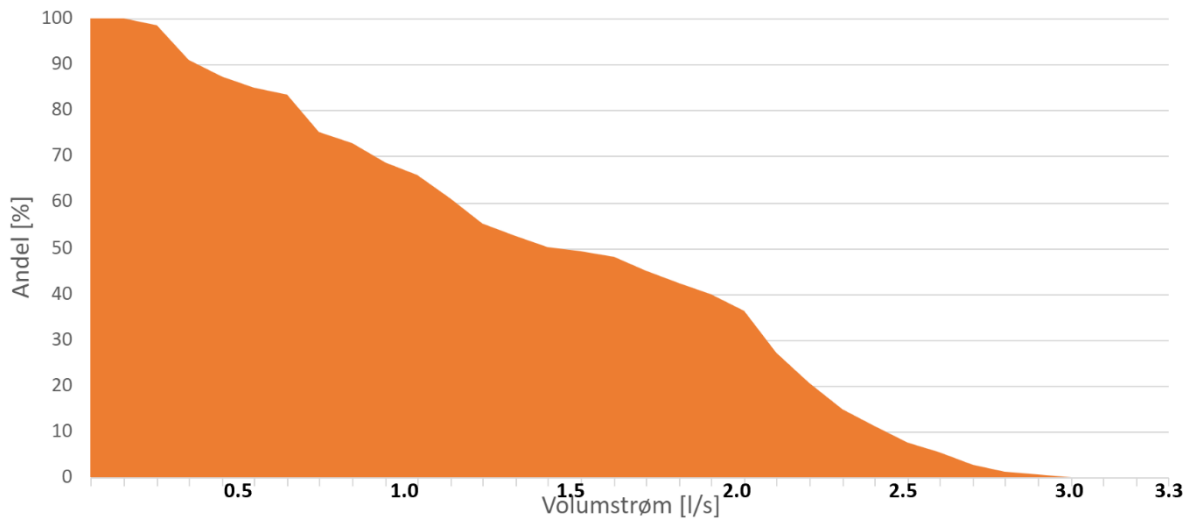
Kartlegging av maksimale volumstrømmer Bygg D



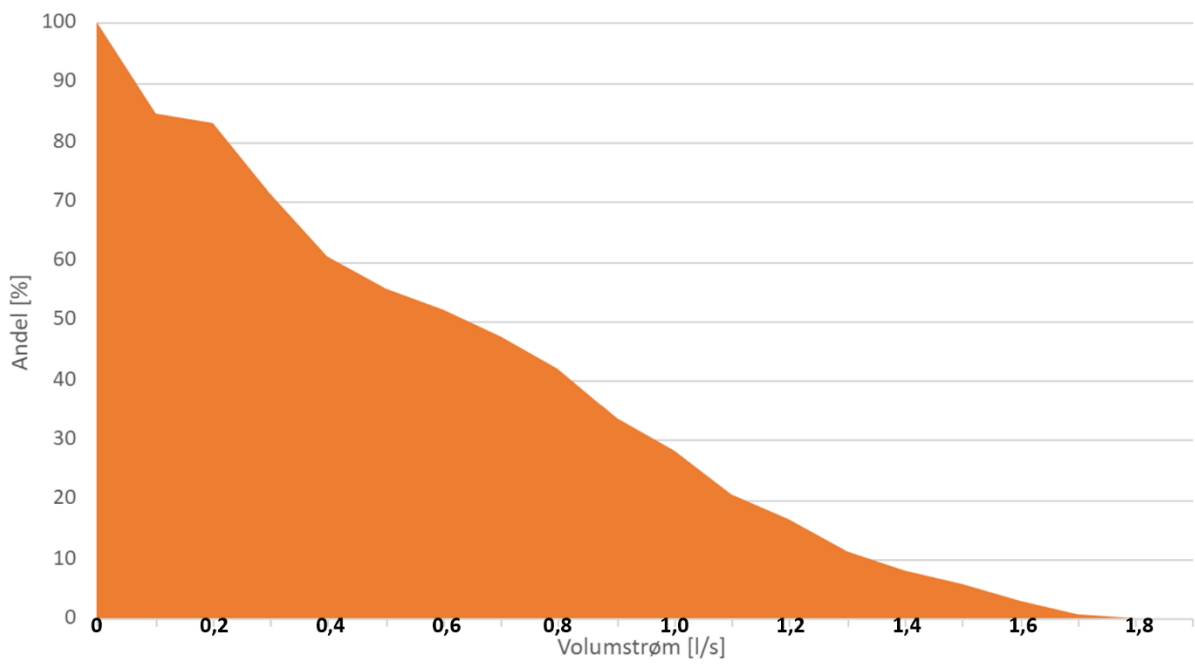
Kartlegging av maksimale volumstrømmer Bygg E



Kartlegging av maksimale volumstrømmer Bygg F



Kartlegging av maksimale volumstrømmer Bygg G



C RStudio kode

```
1 |  
2 | title: "Vannlekasje"  
3 | output:  
4 |   pdf_document: default  
5 |   html_notebook: default  
6 | ---  
7 |  
8 | ```{r}  
9 | #Finne filvei  
10 | #file.choose()  
11 |  
12 | ### Ikke endre! Dette er bare en funksjon###  
13 | load_csv = function(filepath) {  
14 |   data <- read.csv(filepath, header=TRUE, sep=";")  
15 |   data = subset(data, select=c(tagname))  
16 |   data$timestamp = gsub('\\.', '-', data$timestamp)  
17 |   data$timestamp = as.POSIXct(data$timestamp, format="%d-%m-%Y %H:%M")  
18 |   data$date = as.Date(data$timestamp)  
19 |   data$time= format(data$timestamp, "%H:%M:%S")  
20 |   return (data)  
21 | }  
22 | #####  
23 |  
24 |  
25 |  
26 | ```{r echo=FALSE}  
27 | #Sett inn navn på bygget her, samt - antall uker dere ser på. Endre kun mellom " og ".  
28 | navn_pa_bygg = "Døgnforbruk Bygg D - 6 uker"  
29 | #Last inn CSV-filer - kun fyll inn path (filvei) til riktige filer. Lett om denne filen  
30 | med kode legges i samme mappe som filene ligger  
31 |  
32 | uke_1 = load_csv("4.jan-18.jan.csv")  
33 | uke_2 = load_csv("18.jan-1.feb.csv")  
34 | uke_3 = load_csv("1.feb-15.feb.csv")  
35 |  
36 | ```{r echo=FALSE}  
37 | #Slå sammen ukene med data - hvis flere enn tre csv-filer må det legges til flere linjer  
38 | her  
39 | uke_1_2_merge = merge(uke_1, uke_2, all = TRUE) # Slå sammen to første ukene  
40 | alle_uker = merge(uke_1_2_merge, uke_3, all = TRUE) #Slå sammen de to første med den siste  
41 | uken  
42 | plot(alle_uker$timestamp,alle_uker$average, type="l", main=navn_pa_bygg) #Plotter for å se  
43 | at alt ser ok ut  
44 |  
45 |  
46 | ```{r echo=FALSE}  
47 | #Ikke endre noe her med mindre dere vet hva dere gjør - kun en funksjon  
48 | investigate_data = function(dataframe) {  
49 |  
50 |   dataframe <- na.omit(dataframe) # Fjern NA's som oppsto under merge  
51 |   dataframe$average = as.numeric(dataframe$average) #Gjør om average til numerisk type, om  
52 |   ikke får vi feil  
53 |   keep <- c("23:00:00","01:00:00", "05:00:00", "07:00:00", "09:00:00", "11:00:00",  
54 |   "13:00:00", "15:00:00", "17:00:00", "19:00:00", "21:00:00") #Interessante tidspunkt  
55 |   dataframe2 = dataframe[dataframe$time %in% keep, ] # Lager datasett som kun inneholder  
56 |   interessante tidspunkt  
57 |   rownames(dataframe2) <- 1:nrow(dataframe2) # Lage radnummer på nytt  
58 |   dataframe2$avg_night_out = 0 # Legger til en kolonne som skal holde oversikt over  
59 |   utslipp hver natt  
60 |  
61 |   #Fjerne duplikater som følge av merging  
62 |   dataframe22 <- dataframe2[order(dataframe2$timestamp, -abs(dataframe2$average) ), ]  
63 |   #sort by id and reverse of abs(value)  
64 |   dataframe2 = dataframe22[ !duplicated(dataframe22$timestamp), ]  
65 | }  
66 |
```

```

57 night_use = 0
58 for (row in rownames(dataframe2)) {
59   if (dataframe2[row,6] == "21:00:00") {
60     night_use = dataframe2[row,2] + night_use
61     dataframe2[row,7] = night_use/6
62     night_use = 0
63   }
64   else if (dataframe2[row,6] == "23:00:00") {
65     night_use = dataframe2[row,2]
66   }
67   else {
68     night_use = 2*dataframe2[row,2] + night_use
69   }
70 }
71 #Gjør klar for plotting, fjerner alle rader uten verdi for utslipp hver natt.
72 # Beholder en rad for hver natt
73 dataframe3 = dataframe2[dataframe2$avg_night_out != 0, ]
74 dataframe3$Forbruk = dataframe3$avg_night_out*6*60*60
75 plot(Forbruk~timestamp, dataframe3, main=navn_pa_bygg)
76 points(dataframe3$timestamp, dataframe3$Forbruk, col="black")
77 avg = mean(dataframe3$Forbruk)
78 abline(h=avg, col="red") #Legger på rød linje som viser gjennomsnitt
79
80 text(dataframe3$timestamp[as.integer(nrow(dataframe3)/2)],
      mean(dataframe3$Forbruk,digits = 6)-mean(dataframe3$Forbruk,digits = 6)/4,
      as.character(signif(avg,3)), col = "red")
81 }
82 ...
83
84 {r}
85 investigate_data(alle_uker)
86 ...

```

D Oversikt over bygg

Bygg	Alder	Tappepunkt				Nattforbruk	Dimensjon vanninntak [mm]	Bruksareal [m ²]
		Dusj	Servant	Klosett	Annet			
A	~1970	47	34	19	4 ¹	Ja ²	54	4 550
B	2014 ³	55	-	-	-	Nei	42	3 300
C	2018	54	-	-	-	Nei	50	7 200
D	2017	26	22	16	-	Ja ⁵	63	2 765
E	2020	30	20	16	-	Ja ⁶	50	8 500
F	1981 ⁷	87	49	45	27 ⁸	Ja ⁹	75	15 500
G	2019	23	36	25	-	Ja ¹⁰	75	6 637
H	2019	98	40	35	10 ¹¹	Nei	63	8 500

¹ 1 pissoar, 2 hageslanger, 1 vaskemaskin

² Hettvannspyling hver natt til mandag

³ Noe fra sent 1970 (bl.a. rør til instruktørgarderobes)

⁴ Ikke 100 % sikkert

⁵ Kjølekrets på kompressor (går etter behov)

⁶ Gjennomspyling av enkelt dusjer etter 12 timer fra sist påslått

⁷ Delvis rehabilitering og utbygging 2011-2014

⁸ 4 utslagsvasker, 5 kjøkkenbenker, 4 oppvaskmaskiner, 10 hagekraner og 4 pissoarer

⁹ Gjennomspyling av enkelt dusjer etter 12 timer fra sist påslått

¹⁰ Prosjekt på alkalinitet i vannet

¹¹ 2 kjøkkenkran og 8 skyllekar

E Datablad for sparedusjer Bygg E



6664S Oras Electra - Dusjpanel, 6 V

EAN: 6414150047855
NRF: 4200501
static.oras.com/6664S



Berøringsfritt, batteridrevet 6 V i aluminium, med termostatblander og tilkobling til kaldt og varmt vann. Tilkobling på toppen. Dusjpanelet åpnes ved å føre hånden foran sensoren. Vannet renner så lenge brukeren står foran dusjen, og stopper når brukeren beveger seg ut av sensorens følsomhetsområde.

Tilbehøret selges separat: Såpekopp (199880), og støttehåndtak (199881)

- Offentlige rom
- Berøringsfri, Termostat, Batteridrevet
- Veggmontert
- Aluminium/Krom
- Temperaturreguleringshendel
- Smussfilter
- Infrarød autofokus sensor, Magnetventil, Indikator for lav spenning
- Justerbare program innstillinger (magnetpinne)
- Tilkobling topp

Teknisk data

Flow attributter

Vannmengde ved 300 kPa	0.195 l/s
Trykktap (0.2 l/s)	300 kPa

Tekniske egenskaper

Varmtvannsforsyning	max. +70°C
Arbeidstrykk	100 - 1000 kPa
Tilkoblingsstørrelse	Ø 12 mm
Installasjons bredde	CC40
Tilbakeslagssikring (EN1717)	EB
Materiale	Aluminium

Program innstillinger

Etterrenningstid	5 s
Funksjonstid	5 min
Åpningsavstand	0-5 cm

Elektroniske attributter

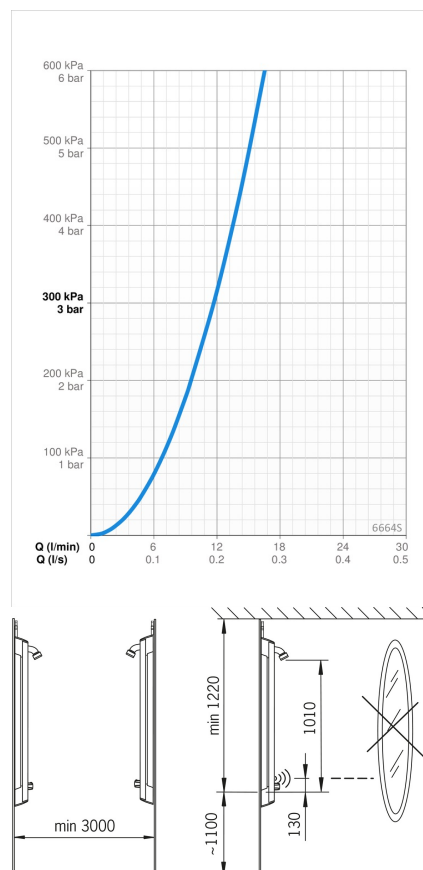
Batteri	Lithium 2CR5 6 V
---------	------------------

Bestemmelser

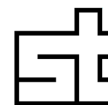
EU Directive	C € 2014/30/EU, 2011/65/EU
EN Standard	EN 15091
Støyklasse	I (ISO 3822)
Tetthetsklasse	IP 55

Godkjenninger og Erklæringer

UN38.3	UN38-3 Maxell 2CR5
--------	--------------------



F Datablad for sparedusjer Bygg F



BASIC dusjpanel

Berøringsfritt dusjpanel for blandet vann

Art.nr. 350132 - tilslutning topp

Art.nr. 350132S - tilslutning skjult



Velegnet for nyanlegg og ved renovering.

Beskrivelse

- Berøringsfri sensor – start/stopp funksjon
- Selvrensende sparedusjhode – ca. 8 l/min.
- Standard løpetid: 30 sek. – justerbar 1 – 60 sek.
- Hærverkssikkert panel i syrefast stål AISI 316L
- Vanntilslutning: ½" utv. RG – maks. 5 bar

Tilsluttes nettspenning via trafo – batteridrift på forespørsel.

Montasje

BASIC monteres enkelt på vegg med 4 skruer.

Tilsluttes ovenfra med 1 stk ½" utvendige gjenger.

Mål: 1090 x 100 x 65 mm

Temperering av dusjvann

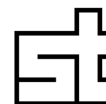
Bruk HORNE termostat blandeventil.

Hygienespyling

Automatisk hygienespyling i 30 sek. hver 12. time etter siste bruker.

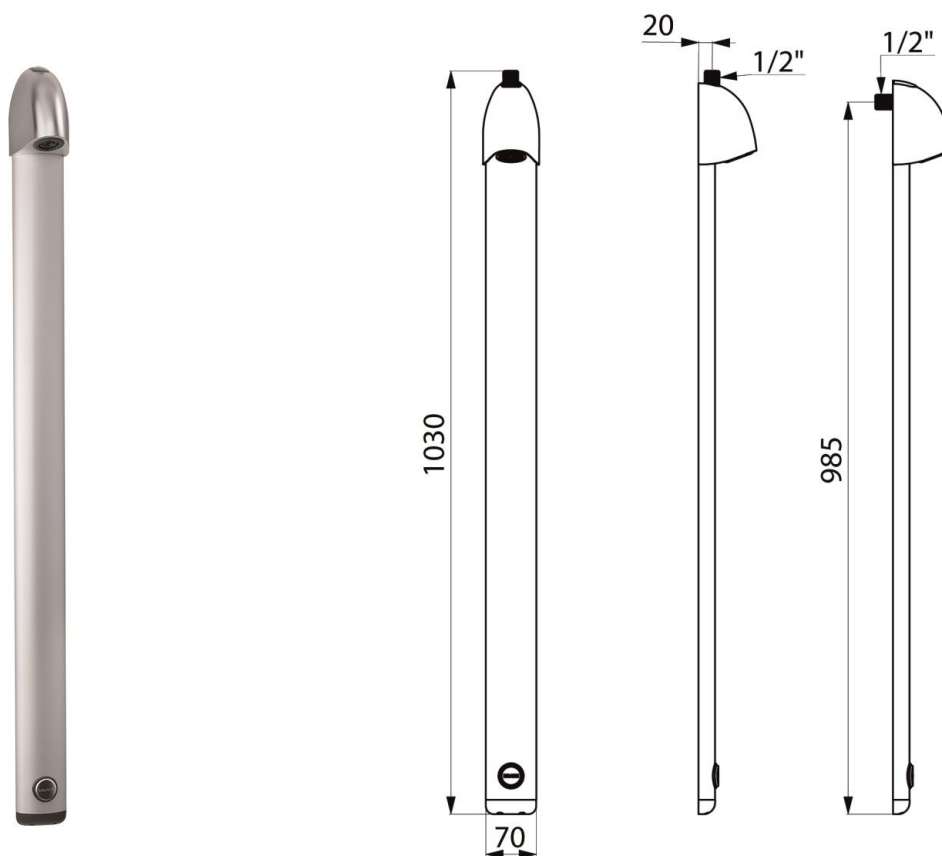


Norskprodusert



G Datablad for sparedusjer Bygg H

DELABIE



Delabie Sportsdusj, modell 714700-S2

Art.nr: DB 714700-S2

NRF-nr.: 4451521

Anslutning: 1/2" på topp eller bak – for forblandet temperert vann

Vanntrykk: Min. 2 bar, maks 5 bar

Spyletid: 30 sek (+5/-10 sekund ved 3 bar – Europeisk Standard EN 816)

Solid dusjhode som gir 6 l/min

Med avstegningsventil og filter

Dusjpanelet er produsert i Eloksert aluminium og krom

Betjening via selvlukkende trykknapp

Anbefalt tilleggsutstyr:

Sentralblander - Delabie Premix Comfort. Kontakt oss for riktig modell og dimensjonering



Klamring av horisontale og vertikale rørledninger er beskrevet i Norsk Standard NS 3420 og i Beskrivelsestekster for innendørs rørledninger NS 3420-U:2016.

Klammer og oppheng skal ikke overføre støy til bygningskonstruksjonen. Alle komponenter som benyttes til oppheng og opplagring skal ha samme temperaturløselighet som rørkomponenten og samme brannmotstand som bygningskomponenten opphenges festes i.

Denne standarden er generell og tar ikke hensyn til ulike materialkvaliteter som f.eks. innenfor stålrør. Her opererer vi i dag med kvaliteter NS-EN 10255 gjengerør, NS-EN 10220 sømløse rør, langsømsveisede rør, støpejernsrør, rustfrie og syrefaste rør, PE, PEH og PEX rør osv. Alle med ulike tekniske egenskaper som egenvekt, lengdeutvidelseskoeffisient, motstandsmoment mot nedbøying og vridning osv.

Ved åpne rørføringer, f.eks. i sjakter og kulverter hvor flere rør er samlet i et system, stilles det også krav til dimensjoneringen av den bærende konstruksjonen. Denne kan være festet til tak, vegg eller gulv. Montasjesystemer, tilsvarende skinnesystemene Pressix 27, System 41, siFramo og Simotec, er designet og konstruert for både å tilfredsstille krav til dimensjonering, visuelle krav og krav til enkel montasje.

Vi konstruerer, tegner og beregner slike konstruksjoner og felles føringsveier basert på våre standard systemer for mekanisk montering.

Kruger AS

Rørledning	
Utvendig diameter (mm)	Lysåpning (m)
< 20	0,10
20	0,10
25	0,10
32	0,15
40	0,15
50	0,15
65	0,20
80	0,20
100	0,25
≥125	0,25

Tabell U1 - Minste tillatte lysåpning mellom ferdig isolerte rørledninger av stål.

c3.8) Avstanden mellom festepunkter for rørledninger av stål, og klammeravstanden for rørledninger av kobber og plast, skal være som angitt i tabell U2 og tabell U3.

Tabell U2 - Største avstand mellom festepunkter/klammeravstand for horisontale rørledninger

Rørledninger av stål		Rørledninger av kobber		Rørledninger av plast (PVC/PP/PE)	
Utvendig diameter mm	Avstand mellom festepunkter m	Utvendig diameter mm	Klammer avstand m	Utvendig diameter mm	Klammer avstand m
< 20	2,5	< 22,0	1,25	-	-
20	2,5	22,0	1,25	≥ 20	0,7
25	2,5	28,0	2,50	25	0,9
32	2,5	35,0	2,50	32	1,0
40	2,5	42,0	2,50	40	1,1
50	3,0	54,0	2,50	50	1,2
65	4,0	70,0	2,50	63	1,4
80	4,0	76,1	3,00	75	1,5
100	5,0	88,9	3,00	90	1,6
≥125	5,0	≥108,0	3,00	≥110	1,7

I Datablad vannmätare: Sensus Meistream

MeiStream Plus

Class C Bulkmeter for cold potable water DN 40...150 PN 16



Main characteristics

- Meter with MID pattern approval acc. to annex MI001
- Pattern approved removable measuring insert (75/33/EEC)
- Unique measuring range
- High overload capability
- Metrological class C acc. to 75/33/EEC in horizontal installation
- Meter body in short (WP) and long (WS) overall length acc. to DIN 19625 and EN 14154 available
- Measuring insert fits the meter body of WP-Dynamic
- Used materials are temperature resistant up to 70°C
- Register prepared for HRI-Mei pick-up
- Use of optical pulsers type OD is still possible

Applications

- Measurement for billing of cold potable water up to 50° C
- Measurement of medium and high flowrates
- Measurement of low flow e. g. in light load periods
- For leakage control

Available options

- HRI-Mei factory mounted
- Version for use in hazardous area
- 1/4" pressure monitoring port

Approval mark

Meter cpl.

Marking CE M-XX* 0102 * year of production

DE-09-MI001-PTB 012

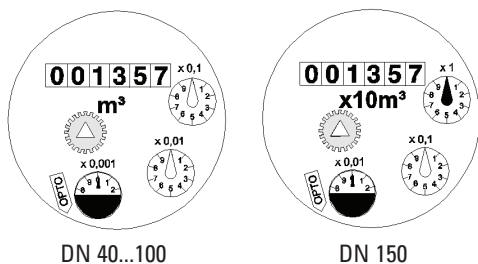
Measuring insert

D06	Size:	DN 40 ... 150
6.132.48	Marking:	metrological class C; 30°C

Performance Data

Size		DN	40	50	65	80	100	150
Q5	Max. Peak Flow	m ³ /h	50	55	60	120	160	400
Q4	Overload Flowrate acc. to MID	m ³ /h	31,25	31,25	50	78,75	125	312,5
Q3'	Continuous Flow	m ³ /h	30	35	40	63	100	250
Q3	Permanent Flowrate acc. to MID	m ³ /h	25	25	40	63	100	250
Q2	Transitional Flowrate horizontal acc. to MID	m ³ /h	0,13	0,13	0,16	0,25	0,4	0,63
Q1	Minimum Flowrate horizontal acc. to MID	m ³ /h	0,08	0,08	0,1	0,16	0,25	0,4
Q1'	Minimum Flow horizontal	m ³ /h	0,08	0,07	0,1	0,13	0,2	0,35
Q3/Q1	max. Ratio	m ³ /h	315	315	400	400	400	630
Q3/Q1	Standard Marking		315	315	315	315	315	315
	Starting Flow		0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,12
Δp	Headloss at Q3 acc. to EN 14154	bar	0,09	0,08	0,17	0,07	0,16	0,14

Dial

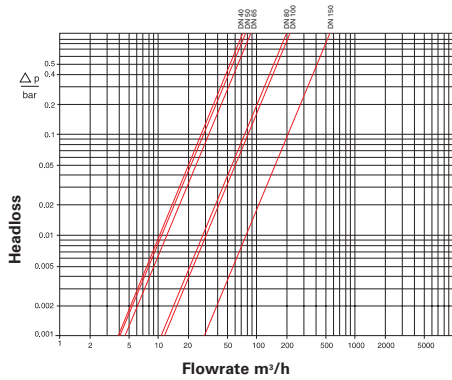


DN 40...100

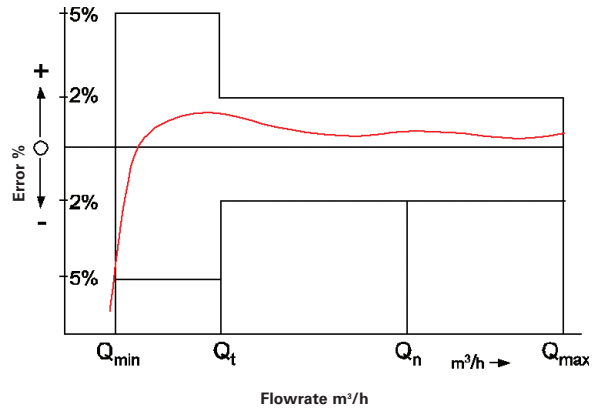
DN 150

Nominal diameter DN	Smallest reading m ³	Max. reading m ³
40 ... 100	0.0005	1,000,000
150	0.005	10,000,000



Typical Headloss





Typical Error Curve

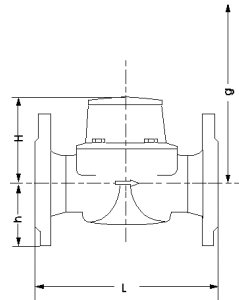


Pulse Values

Pulsar Type		DN 40 ... 100	DN 150
HRI-Mei (Leaflet see LS 8400)		0.01; 0.05; 0.1 or 1 m ³	0.1; 0.5; 1 or 10 m ³
OD 01 (Leaflet see LB 8300)		0.001 m ³	0.01 m ³
OD 03 (Leaflet see LB 8300)		0.01 m ³	0.1 m ³

Pipe	horizontal	
Meter head	upwards	

Dimension Picture



Installation Requirements

Installation

- Unrestricted straight pipe upstream 0 x DN
- No abrupt restrictions directly downstream of the meter

Materials

Body	Cast iron
Measuring element	Plastic
Rotor	Plastic
We also use the following materials	Brass Stainless steel

Available Lengths

Nominal diameter		40	50	65	80	100	150
Overall length L WS (DIN / ISO)	mm		270 / 300	300	300 / 350	360 / 350	500
Overall length L WP (DIN / ISO)	mm	220	200	200	225 / 200	250	300

Dimension and Weights PN 16

Nominal diameter			40	50	50	50	65	65	80	80
Dimensions	Overall length	L mm	220	200	270	300	200	300	200	225
	Height	H mm	120	120	120	120	120	120	150	150
		h mm	69	73	73	73	85	85	95	95
	Dismantling height	g mm	200	200	200	200	200	200	270	270
Weights	Meter cpl.	kg	7.5	7.8	9.6	9.9	10.1	12.0	13.8	14.2
	Measuring insert	kg	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3.2	3.2
	Body	kg	6.0	6.3	8.1	8.4	8.6	10.5	10.6	11.0

Nominal diameter			80	80	100	100	100	150	150
Dimensions	Overall length	L mm	300	350	250	350	360	300	500
	Height	H mm	150	150	150	150	150	177	177
		h mm	95	95	105	105	105	135	135
	Dismantling height	g mm	270	270	270	270	270	356	356
Weights	Meter cpl.	kg	16.3	17.7	18.2	20.0	20.2	35.9	44.2
	Measuring insert	kg	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	5.9	5.9
	Body	kg	13.1	14.5	15.0	16.8	17.0	30.0	38.3

Order Information

Description	Overall Length in mm	Order Number
MeiStream Plus DN 40 50° C / PN16	220	51401 AHQ1C B1A1X
MeiStream Plus DN 50 50° C / PN16	200	51401 BHQ1A B1A1X
MeiStream Plus DN 50 50° C / PN16	270	51401 BHQ1F B1A1X
MeiStream Plus DN 50 50° C / PN16	300	51401 BHQ1G B1A1X
MeiStream Plus DN 65 50° C / PN16	200	51401 CIQ1A B1A1X
MeiStream Plus DN 65 50° C / PN16	300	51401 CIQ1G B1A1X
MeiStream Plus DN 80 50° C / PN16	200	51401 DKQ1A B1A1X
MeiStream Plus DN 80 50° C / PN16	225	51401 DKQ1D B1A1X
MeiStream Plus DN 80 50° C / PN16	300	51401 DKQ1G B1A1X
MeiStream Plus DN 80 50° C / PN16	350	51401 DKQ1I B1A1X
MeiStream Plus DN 100 50° C / PN16	250	51401 ELQ1E B1A1X
MeiStream Plus DN 100 50° C / PN16	350	51401 ELQ1I B1A1X
MeiStream Plus DN 100 50° C / PN16	360	51401 ELQ1J B1A1X
MeiStream Plus DN 150 50° C / PN16	300	51401 GNQ1G B1A1X
MeiStream Plus DN 150 50° C / PN16	500	51401 GNQ1N B1A1X



Certified according to ISO 9001
Quality Management System OQS Reg.no. 3496/0



UK & Ireland Enquiries

Sensus Metering Systems 11 The Quadrangle, Abbey Park, Romsey, Hampshire SO51 9DL UK
T: +44 (0) 1794 526100 F: +44 (0) 1794 526101 Email: info.gb@sensus.com www.sensus.com

International Enquiries

Sensus Metering Systems GmbH Hannover Meineckestraße 10, D-30880 Laatzen Germany
T: +49 (0) 5102 74-0 F: +49 (0) 5102 74-3341 Email: info.int@sensus.com www.sensus.com

09002 Subject to changes without prior notice.

LB1060INT Page 4

J Datablad vannmåler: Elster M100i

Honeywell | Water Metering

M 100i Multi-jet Meter ARTIST

e^{sens} communication interface

- Flerstrøms-våtløper vannmåler for kaldt vann
- Nominell størrelse Q_3 2.5 til 25 m³/h
- Ultra-pålitelig overføring til kommunikasjonsmoduler
- EC type godkjent sertifisering (MID) til R160H/R80V



M100i
artist

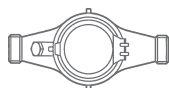
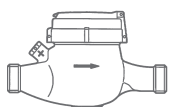
EC type examination certificate
DE-08-M1001-PTB019

Ytelseegenskaper i henhold til MID godkjenning for horisontal installasjon

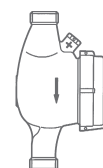
Nominell diameter	DN	mm	15	20	25	25	32	40	50
			inches	½	¾	1	1	1 ¼	1 ½
Kontinuerlig strømningshastighet	Q_3	m ³ /h	2.5	2.5	4	6.3	10	16	25
Overbelastningsstrømning	Q_4	m ³ /h	3.125	3.125	5	7.875	12.5	20	31.25
Overgangsstrømning	Q_2	l/h	25	25	40	63	100	160	250
Minimum strømningshastighet	Q_1	l/h	16	16	25	39	63	100	156
Måleområde	Q_3/Q_1	H	R160						
	Q_3/Q_1	V	R80						
Maksimal vanntemperatur	MAT	°C	30						
Maksimalt arbeidstrykk	MAP	bar	16						
Strømningskapasitet ved 1 bar trykkfall		m ³ /h	4.1	4.1	6.8	8.5	13.1	21.6	32.8
Trykktapsklasse	Δp	bar	0.63	0.63	0.4	0.63	0.63	0.63	0.63
Strømningsprofil sensitivitetssklasse			U0, D0						
Klimatisk miljø			Omgivelsestemperatur, 5°C to 55°C						
Mekanisk miljø			M1						
Elektromagnetisk miljø			E1						

Installasjonsposisjon

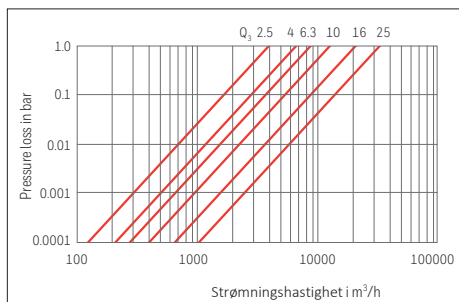
For alle installasjoner



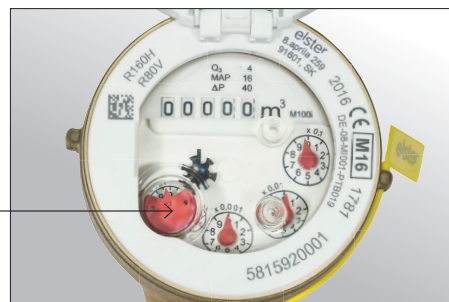
horisontal installasjon
også tilbøyelig opp til
90°



M 100i Multi-jet Meter ARTIST Tekniske data



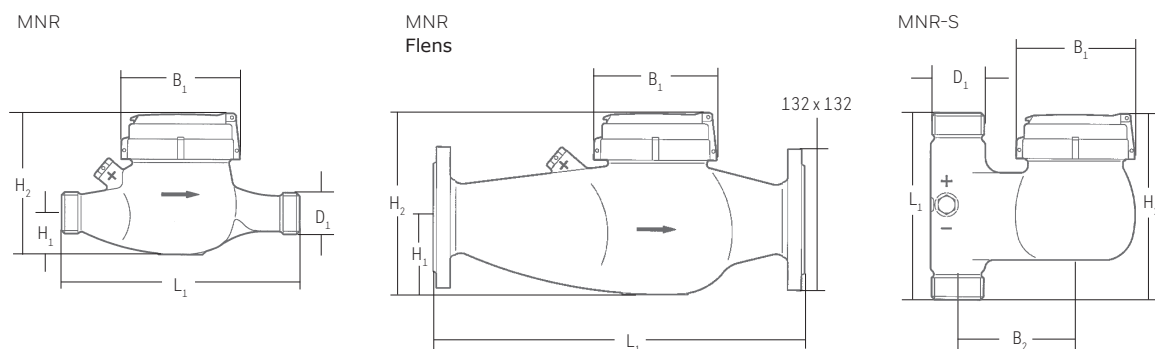
øsens grensesnitt for kommunikasjonsmoduler



Dimensjoner (Standard portefølje, andre på forespørsel)

			MNR						MNR-S			
Nominell diameter	DN	mm	15	20	25	32	40	50	20	25	40	
D ₁ Gjengetilslutning måler	ISO 228/1	inches	G ¾ B	G 1 B	G 1 ¼ B	G 1 ½ B	G 2 B	G 2 ½ B	Flange	G 1 B	G 1 ¼ B	G 2 B
Rørdimensjon	ISO 7/1	inches	R ½	R ¾	R 1	R 1 ¼	R 1 ½	R 2	–	R ¾	R 1	R 1 ½
L ₁ Lengde (andre på forespørsel)		mm	165	190	260	260	300	270		105	150	200
B ₁ Bredder (målerhode)		mm	100									
Total bredde		mm	100	100	100	100	122	125	165	100	100	119
B ₂ Avstand rørakse til målerakse		mm	–	–	–	–	–	–	–	80	94	120
H ₁ Senterlinje-høyde		mm	31	31	43	43	46	68	–	–	–	
H ₂ Total høyde		mm	115	115	130	130	153	160	135	151	195	
Vekt		kg	1.5	1.5	2.5	2.5	3.7	4.5	8.5	1.8	2.6	5.5

Dimensjonstegning



www.elstermetering.com

Elster Water Metering Limited
 130 Camford Way, Sundon Park
 Luton, Bedfordshire, LU3 3AN
 United Kingdom
 T: +44 (0) 1582 846400
 F: +44 (0) 1582 564728
 water.metering@honeywell.com

2016 by Elster Water Metering Ltd. All rights reserved. The company's policy is one of continuous product improvement and the right is reserved to modify the specifications contained herein without notice.
 M100_D 01.10e / 09.16

 Øwre-Johnsen as

Honeywell

K Utregninger og data

Utregninger og data brukt til diagram legges ved i ekstern fil.

