



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
Realfag og teknologi

Gjenbruk av gråvann og overvann i bygg

Tor-Erlend Suhr
Vann og miljøteknikk

Forord

Gjennom en lang karriere innen rørbransjen har jeg alltid tatt rent drikkevann som en selvfølge. Og ifølge tall fra SSB er det også en selvfølge for de fleste nordmenn, da estimert gjennomsnittets husholdningsforbruk per tilknyttede innbygger er på 179 liter vann per døgn.

Som avslutning på mine 3 år på NMBU som deltidsstudent bestemte jeg meg derfor tidlig vinteren 2022 at jeg ønsket å se nærmere på hvordan man i Norge kan bygge smartere sanitæranlegg, utnytte vannressursene bedre og om det er mulig å endre mitt tidligere tankesett og min tilnærming til vannforbruk.

Med dette avslutter jeg noen av de mest hektiske årene i mitt liv der kombinasjonen av jobb, studier og etablering av familie endelig går mot en mindre faktor i hverdagen. Jeg føler meg ekstremt privilegert for å ha fått denne muligheten i livet mitt og vil takk mine veiledere John Morken og Arve Heistad for dere bidrag og rettesnorer i løpet av dette halvåret, og sist men ikke minst min eminente samboer for å ha støttet meg gjennom disse 3 årene og vår datter for å simpelthen å eksistere og gi meg det lille ekstra i hverdagen.

Abstract

Water consumption in Norway is high, and according to Statistics Norway (SSB), 690 million m³ of water were distributed from municipal waterworks in 2021. SSB reports an average nationwide leakage percentage of 32%, and each Norwegian consumes an average of 179 liters of water per day. The leakage percentage will vary from place to place, and in Oslo, as much as 39% or 37,841,698m³ of produced drinking water is lost due to leaks. Statistics from 2022 state that the service sector accounts for 14-16%, or around 14,000,000m³ of water consumption per year (SSB, 2022).

As the population increases, cities will become denser. Areas in Oslo, such as Ulven, are currently under development, and the strain on the municipal drainage network will be significantly greater here than it has been in the past. To minimize this strain, I have looked into the possibility of recycling and reusing locally treated graywater and stormwater, and the international and national requirements for water quality. If new residential and commercial buildings are constructed with some of UN's 17 Sustainable Development Goals in mind, in addition to circular economy principles, water resources can be used more efficiently while also minimizing the strain on the municipal drainage network.

I have surveyed water consumption in several commercial buildings and compared the consumption against relevant literature. Based on the collected data, consumption models have been constructed for hourly consumption, which have been used to estimate water consumption during a working day.

A microbial barrier analysis has been conducted, and guidelines from the World Health Organization (WHO) and the European Union (EU) have been considered in the risk assessment and selection of different options for treating greywater and stormwater.

Based on the collected data and expected price increases in the coming years, a net present value calculation of the measure has been carried out with different expenses and discount rates.

It is understandable that implementing a separate wastewater system, treatment plant, and distribution of treated wastewater can be challenging to carry out on an ongoing construction project. However, it is still important to continue to explore and implement sustainable and resource-efficient solutions in new building projects. With increased awareness of sustainability and circular economy, there is great potential to implement measures that can help reduce the burden on municipal drainage systems and better utilize water resources. New Marienlyst will definitely be an opportunity to implement such measures and can be an example of how to build sustainable buildings in Norway.

Sammendrag

Vannforbruket i Norge er høyt, og ifølge SSB ble det i 2021 distribuert 690 millioner m³ vann fra kommunale vannverk. SSB oppgir en gjennomsnittlig landsdekkende lekkasjeprosent på 32% og hver nordmann forbruker i snitt 179 liter vann per døgn. Lekkasjeprosenten vil variere fra sted til sted, og i Oslo har så mye som 39%, eller 37.841.698m³ av produsert drikkevann godt tapt til lekkasjer. Statistikken fra 2022 sier at tjenesteytende næring står for 14-16%, eller rundt 14.000.000m³ av vannforbruket per år (SSB, 2022).

Etter hvert som befolkningen øker, vil det bygges stadig tettere i byene. Områder i Oslo som Ulven er under utbygging, og belastningen på kommunalt ledningsnett vil bli vesentlig større her enn det har vært tidligere. For å minimere belastningen har jeg sett på muligheten for gjenvinning og gjenbruk av lokalt rensed gråvann og overvann, og hvilke krav som stilles til vannkvalitet internasjonalt og nasjonalt. Om nye bolig og forretningsbygg bygges med noen av FNs 17 Bærekraftsmål i tankene i tillegg til sirkulærøkonomi vil man kunne benytte vannressurser bedre og samtidig minimere belastningen på kommunalt ledningsnett.

Jeg har kartlagt vannforbruk i flere forretningsbygg og sammenliknet forbruket opp mot faglitteratur. Ut ifra målerdataene er det satt opp forbruksmodeller over timesforbruk som igjen er brukt for å stipulere vannforbruk i løpet av en arbeidsdag.

Det er gjennomført mikrobiell barriereanalyse og retningslinjer fra WHO og EU er vurdert i risikovurderingen og valg forskjellige alternativer til renseprosess av grå og overvann.

På bakgrunn av de innsamlede dataene og forventet prisøkning de neste årene er det utført Nåverdiberegning av tiltaket med forskjellige utgifter og diskonteringsrenter.

Det er forståelig at implementering av separat avløpssystem, renselanlegg og distribusjon av det rensede avløpsvannet kan være utfordrende å gjennomføre på et allerede påbegynt byggeprosjekt. Det er likevel viktig å fortsette å utforske og implementere bærekraftige og ressurseffektive løsninger på nye byggeprosjekter. Med økt bevissthet rundt bærekraft og sirkulærøkonomi kan det være et stort potensial for å gjennomføre tiltak som kan bidra til å redusere belastningen på kommunalt ledningsnett og utnytte vannressurser bedre. Nye Marienlyst vil definitivt være en mulighet til å implementere slike tiltak og kan være et eksempel på hvordan man kan bygge bærekraftige bygg i Norge.

Innhold

Forord	1
Abstract	2
Sammendrag	3
1 Innledning	6
1.1 Bakgrunn og problemstilling	6
1.2 Formål og forskningsspørsmål	8
1.3 Avgrensinger i oppgaven	8
2 Teori	9
2.1 Sirkulær økonomi og vannressurser	9
2.2 Vannforbruk i kontorbygg	9
2.3 Avløpsvann og gråvannets karakteristikk	10
2.4 Nedbørsfelt	12
2.5 Grunnleggende vannbalanse	12
Nedbør	12
Avrenning	12
Evapotranspirasjon	12
Magasinert nedbør	13
2.6 Årsnedbør og normalnedbør	13
2.7 Den rasjonelle formel	14
2.7 Overvannshåndtering og fordrøyning	16
Blåe tak	16
Grønne og blågrønne tak	16
Fordrøyingsbasseng og åpne fordrøyingsmagasin	17
2.9 Mikroorganismer	17
<i>Campylobacter</i>	17
<i>Legionella pneumophila</i>	18
<i>Escherichia coli</i>	18
2.10 Aerosoler	18
2.11 Internasjonale retningslinjer og nasjonale krav til vannkvalitet	19
2.12 Vannrensing	22
Forbehandling	22
Kjemisk rensing	22
Sedimentering	23
Biologisk rensing	23

Fjerning og inaktivering av smittestoffer	23
Oppsummering av rensetrinn	25
2.13 Økonomi.....	28
3 Metode, prosjektering og resultater	29
3.1 Dimensjonerende vannmengder og forbruk.....	29
3.2 Målt vannforbruk i kontorbygg	29
Forbruksmønster	31
Vannforbruk.....	33
3.3 Beregning av nedbør og fordrøyingsmagasin	36
3.4 Risikovurdering – SSP og MBA.....	39
Sanitation Safety Planning	39
Mikrobiell barriere analyse.....	41
3.5 Vannrensing	44
3.6 Kostnader og nåverdi.....	45
4 Konklusjon, diskusjon og videre arbeider	47
5. Kilder	49
6. Figurliste.....	51
7. Tabelliste.....	52
Vedlegg.....	54

1 Innledning

Bystyret i Oslo kommune vedtok i 2014 en overvannsstrategi de kalte «Strategi for overvannshåndtering 2013-2030». Strategien har 3 hovedtrinn: 1) Lokal infiltrasjon av små nedbørsmengder, 2) større nedbørsmengder fordrøyes og forsinkes, og 3) ekstreme nedbørsmengder ledes trygt videre i åpne flomveier.

Første trinn sier at nedbøren skal håndteres lokalt og åpent, og det gis ikke tillatelse til påslipp til kommunalt ledningsnett. Dette trinnet begrenser seg til nedbør på 10mm over 10 minutter og faller inn under 5-års gjentakelsesintervall. Utbygger skal dokumentere at permeable masser har tilstrekkelig volum og er plassert slik at avrenning fra hele tiltaksområdet er ivaretatt.

I andre trinn skal utbygger dokumentere hvordan regn med 5-års gjentakelses intervall og med klimafaktor på 40% er ivaretatt i åpne fordrøyningsløsninger. Magasin under bakken tillates kun som unntak.

Tredje trinn er dokumentasjon på avrenning fra eiendommen ved 100-års gjentakelsesintervall. Veilederen krever også at utbygger må ta hensyn til om det går en primær flomvei gjennom tiltaksområdet. Dersom dette er tilfelle, må hele nedbørsfeltet til flomveien tas med i beregningen og tiltaksområdet må tilpasses flomveien.

Ut av de 17 bærekraftsmålene til FN er det spesielt mål 12.2 «Innen 2030 oppnå bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser», 6.b «Støtte og styrke lokalsamfunnenes medvirkning for å bedre forvaltningen av vann- og sanitærforhold» og 6.4 «Innen 2030 betydelig bedre utnyttelsen av vann i alle sektorer og sikre bærekraftig uttak av og tilgang til ferskvann for å avhjelpe vannmangel og i vesentlig grad redusere antall personer som rammes av vannmangel». For å imøtekomme bærekraftsmålene burde man se på muligheten for gjenvinning av vannressurser og bruke vannressurser flere ganger til vannkrevende oppgaver som ikke nødvendigvis krever drikkevannskvalitet.

Avløpsvannets to fraksjoner, gråvann og sortvann, blandes i dag i et avløpsrør som fører ut til kommunalt ledningsnett. Om man separerer gråvannet fra sortvannet i et eget rør vil man kunne rense gråvannet og gjenbruke det til spyling av toaletter og vanning av planter og grøntområder.

Oppgaven skal se nærmere på potensialet for gjenbruk av overvann og lokalt rensed gråvann i bygg til vannkrevende oppgaver. Det er mange aspekter som må vurderes, og jeg vil se på hva lokale, nasjonale myndigheter krever, samt retningslinjer fra WHO og EU.

1.1 Bakgrunn og problemstilling

Økt befolkning og klimaendringer fører med seg nye utfordringer for stat, kommune, innbyggere og utbyggere. Endringer i klima vil føre til blant annet flere hetebølger i Oslo, kortere vintre i Viken og nye nedbørsmønstre i Agder(Meteorologisk Institutt, 2022).

I 2022 ble Oslos innbyggere oppfordret til å redusere vannforbruket(Drabløs, 2022). Denne oppfordringen kom på grunn av at det hadde vært en nedbørsfattig vinter, og lokale vannmagasiner hadde historisk lavt nivå. Innbyggerne ble minnet på å redusere vannforbruket sitt flere ganger i løpet av vinteren og våren, og lokale myndigheter gjennomførte tiltak for å rasjonere og minimere vannforbruket(Pettrém, 2022). Dette var første gang denne typen tiltak ble gjort, og kan være en pekepinn på de kommende klimaendringene.

Vannmangelen krever at eiendomsutviklere, VA og VVS-bransjen til å tenke nytt, og vurdere ytterligere vannsparende tiltak. Dersom man endrer lokalt forbruk, vil man også belaste kommunalt ledningsnett i mindre grad. Eiendomsutvikleres ansvarsområde strekker seg fram til de kommunale ledningene som kan ha vedlikeholdsbehov eller være underdimensjonert for mengden med avløpsvann som boligkomplekser eller næringslokaler tilfører. Desentralisert vannrensing og gjenbruk av grå- og overvann vil avlaste de kommunale ledningene.

Vedlikehold av eksisterende kommunale vann og avløpsnett har et stort etterslep, og det er forventet at kommune-Norge må investere over 300 milliarder kroner i vedlikehold og utskifting av avløpsnettet (Sintef, 2021) i løpet av de neste 20 årene. Ved oppkjøp av tomtearealer for bolig eller næringsutvikling vil det være behov for eiendomsutviklere å prosjektere VA-nettet til det aktuelle området for å håndtere antall nye beboere, kontorplasser eller andre brukere.

OBOS eiendom utvikler et nytt boligområdet i bydel Ulven i Oslo. I løpet av 10 år skal det bygges 3000 leiligheter, næringsbygg for butikker, kontorlokaler, kafeer og restauranter. Det største enkeltbygget er et kontorlokale kalt Construction City, heretter «CC», som er et elleveetasjes bygg med en samlet takflate på ca 9.000m², og et tomteareal på 15.000m². Ifølge CC sin nettside skal bygget romme 4500 arbeidsplasser fordelt på 103.000m².

I grove trekk betyr dette at Ulven vil gå fra en belastning på 0 innbyggere til 3-4.000 pluss 4.500 kontorister og dermed en betydelig økt lokal belastning.

I Norge i dag finnes det noen småskala prosjekter der det er separate systemer for grått og svart avløpsvann. Under følger en kort beskrivelse av noen kjente prosjekter.

Kaja Studentboliger er 24 studenthybler som har separat grå og sortvanns-ledningsnett. De to fraksjonene blir fraktet til laboratoriet ved siden av TF-bygget på campus Ås. De to fraksjonene ledes til to ståltanker, der de to avløpsfraksjonene er tilgjengelig til forskning.

Klosterenga Økologiboliger består av 31 leiligheter i gamlebyen i Oslo. Det er installert et renseanlegg som fjerner Lokal rensing av gråvann. Gråvann slippes ut til et lokalt regnbed.

Torvetua i Bergen består av 40 miljøboliger. Boligselskapet har eget vannverk og biologisk renseanlegg. I epost fra styremedlem Knut Georg Flo i Torvetua Huseierlag er renseanlegget lagt ned. Alt gråvann pumpes inn på kommunalt nett sammen med vakuumanlegget for sortvann. Bergen Kommune var med på å dele kostnadene for omlegging av gråvannsrør fra renseanlegget til den kommunale ledningen. Anlegget var preget av flere problemer. Knut nevner blant annet at anlegget var utdatert fra dag 1, manglende tilkomspunkter for vedlikehold, feil valg av pumper, manglende forvaltning, drift og vedlikeholds-instruks (FDV), dårlig fall på selvføllsledningen og at prosjektet var avhengig av ildsjeler for å fortsette. Ifølge Knut ble prosjektet lagt ned for ca. 5 år siden.

Nedleggelsen av det lokale renseanlegget i Bergen på grunn av feil i utførelsen og mangel av et vedlikeholdsbudsjett viser viktigheten av at renseanlegg må prosjekteres og bygges riktig. Det må foreligge midler til vedlikehold, og det må utarbeides vedlikeholdsrutiner for anlegget slik at nødvendig vedlikehold kan utføres av personell uten at det må gjennomføres omfattende opplæring.

1.2 Formål og forskningsspørsmål

- 1) Hvordan kan man bygge nærings- og boligbygg for å ivareta et sirkulært kretsløp av vannressurser?
- 2) Hvor mye kan vannforbruket reduseres, hvilken vannkvalitet kreves og hvilke metoder for vannrensing må brukes for å oppnå riktig vannkvalitet, og hvilke renseteknologier kan man unnlate?
- 3) Er det nødvendig å rense vannet slik at det tilfredsstiller drikkevannsforskriften, og hvilket fotavtrykk vil den foreslåtte løsningen ha?
- 4) Hvordan skal man ivareta leveransen av vann til sanitærutstyr selv om rensenanlegget er ute av drift?
- 5) Hvordan skal anlegget dimensjoneres og utformes for å kunne ivareta en jevn rensesprosess og unngå at rensenanlegget har store svingninger i rensesprosessen, og må overvann renses?

1.3 Avgrensinger i oppgaven

Sirkulærøkonomi er omfattende, og potensialet i rensing av avløpsvann lokalt er ikke begrenset til rensing av gråvann. Det er mulig å gjennomføre rensing av både sort og grått avløpsvann, og gjennomføre videre foredling for gjenvinning av fosfor, produksjon av hydrogenbrensel og biobrensel. Dette vil ikke bli utforsket i denne avhandlingen.

2 Teori

2.1 Sirkulær økonomi og vannressurser

FN har 17 bærekraftsmål(FN-Sambandet, 2015). Det 12. målet til FN er «Ansvarlig forbruk og produksjon», og målet er definert av FN til å gjøre mer med mindre ressurser. Det 12. målet har 11 delmål, og det 2. delmålet er at man innen 2030 skal oppnå bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser. Vi har i tillegg det 6. målet som er «Rent vann og gode sanitærforhold». Delmål 4 sier at det innen 2030 skal bli «betydelig bedre utnyttelsen av vann i alle sektorer og sikre bærekraftig uttak av og tilgang til ferskvann ...». Innenfor de norske landegrensene er det historisk ingen vannmangel, og 99% av befolkningen har tilgang på rent drikkevann(FN-sambandet). Sirkulær økonomi er praksisen i å utnytte en ressurs flere ganger i kretsløpet før ressursen anses som oppbrukt. På tross av god tilgang på vann, så kan det være fornuftig å gjenbruke vann. Reduksjon av vannforbruk vil redusere påslipp til kommunalt ledningsnett samt redusere vann og avløps-kostnader for den som eier bygget. Størrelsen på denne besparelsen må kartlegges og analyseres.

2.2 Vannforbruk i kontorbygg

Bransjeforeningen for VVS, energi og miljøteknikk, Nemitek oppgir i sitt oppslagsverk «Rørhåndboken» et forventet vannforbruk i kontorbygg på 0,2-0,5 m³/m² per år(NemiTek, 2021). Fra Norsk Vann (Ødegaard et al., 2014a) brukes data hentet fra Tabell 1(Twort et al., 2000). For et kontorbygg som CC betyr dette et forventet årlig vannforbruk på 20.600-51.500m³/år ved bruk av Rørhåndboka eller 67.275m³/år ved bruk av tallene fra Water Supply listet opp i Tabell 1.

Tabell 1 - Normalt vannforbruk for næringsvirksomheter og institusjoner (Twort et al., 2000)

Virksomhet	Forbruk
Små virksomheter og kontorer i urbane områder	1 UK 3-15 l/pe*d, og opp til 25 l/pe*d andre plasser
Kontorer	65 l/d per ansatt.
Kjøpesenter	100 – 130 l/d per ansatt
Sykehus	350 – 500 l/d per seng
Hoteller	350 – 400 l/d per seng og opp til 750 l/d per seng på luksushoteller i varmt klima
Skoler	25 l/d per elev og ansatt for mindre skoler, og opp til 75 l/d per elev og ansatt i større skoler

På grunn av manglende informasjon om faktisk forbruk av vann til toalettspyling vet man ikke sikkert hvor mye som brukes i gjennomsnittet hver dag per ansatt. I en artikkel publisert av Forsvarsbygg i 2003 hevdes det at inntil 40% av vannforbruket i kontorbygg medgår til spyling av toaletter og urinaler(Forsvarsbygg, 2003), mens i en studie fra 2017 ble det tatt utgangspunkt i et forbruk på 10 m³/d for et kontorbygg med 1.000 personer(Ghimire et al., 2017) eller 10.350m³ årlig . Med forutsetningen fra det totale vannforbruket betyr dette at CC vil bruke 8.240-26.910m³ rent drikkevann til toalettspyling årlig dersom man antar at

Forsvarsbygg har et riktig anslag. Tabell 2 viser forventet forbruk av vann til spyling av toaletter. Her ser man at spriket er stort fra VA-bransjen sin norm til VVS-bransjens norm.

Tabell 2 - Beregning av vannforbruk basert på tilnærming fra to forskjellige bransjer

	65 l/d	0,2 m ³ /m ² per år	0,5 m ³ /m ² per år
Forventet totalt forbruk per år	67.275 m ³	20.600 m ³	51.500 m ³
Forbruk toalett (40%)	26.910 m ³	8.240 m ³	20.600 m ³

2.3 Avløpsvann og gråvannets karakteristikk

Avløpsvann er vann fra alt sanitærutstyr i bygg. Avløpsvannet kan deles inn i sortvann og gråvann. Sortvann er vann fra toaletter og urinaler, mens gråvann stammer fra resterende sanitærutstyr. Det er forskjellig sammensetning og avdel av sortvann og gråvann i den totale avløpsmengden fra sanitærutstyr i bygg, og i Tabell 3 ser man fordelingen i en svensk rapport fra 2005.

Tabell 3 - Sammensetning av avløpsvann fra husholdninger (Jönsson et al., 2005)

Parameter	Sortvann		Gråvann		Husholdsaningsavløp
	g/p*d	% av total husholdningsavløp	g/p*d	% av total husholdningsavløp	
TS	73,1	51	71,2	49	144,3
SS	48,8	73	17,6	27	66,4
VS	53,8	56	41	44	95,4
BOD₇	39,1	54	33,8	46	72,9
COD	72,6	54	63	46	134
N_{tot}	12,5	89	1,6	11	14
P_{tot}	1,4	67	0,7	33	2,1

Beskrivelse 1 - TS: Tørrstoff, SS: Suspendert stoff, VS: Organisk materiale etter forbrenning, BOD₇: målt biokjemisk oksygenforbruk over 7 dager, COD: Kjemisk oksygenforbruk, N_{tot}: Total nitrogen, P_{tot}: Total fosfor

Gråvann er avløpsvannet fra alt sanitærutstyr i bygg utenom toaletter og urinaler. På tross av at gråvann ikke inneholder toalett vann, så kan det forekomme koliforme bakterier og andre patogener i gråvann. Det er gjennomført studier for å kartlegge gråvannets karakteristikk, og dette legges til grunn for videre prosjektering av nødvendig vannrensing. Som det framkommer i Tabell 3, Tabell 4 og

Tabell 5 er det en god del organisk og uorganisk materiale i gråvann. Gråvannet kan også inneholder mikroorganismer som koliforme bakterier og andre patogener som er skadelig for mennesker.

Tabell 4 - Gråvannets karakteristikk (Edwin et al., 2014)

	Springvann/ kontroll	Dusj	Servant	Kjøkken	Klesvask	Blandet	Referanseverdier
Turbiditet (NTU)	ND	122,67	84,3	347,2	108,6	167,9	122, 20-120, 100,6, 15-270
TS	28,7	425,5	450,3	1 468,4	586	742,2	876
SS	21,1	122,7	89,2	398,7	141,2	190,4	15-84, 100, 40-340
Gløderest	154,8	287,8	473,3	633	710,4	533,1	
pH	7,1	7,4	7,2	6,9	9,1	7,7	7,6, 7,47, 6,4 – 8,1, 6,4 – 10
Hardhet	97,2	97,2	49,2	47,2	357,8	721,0	412, 15-50
BOD₅	266,6	135	138,7	932,4	186,5	290,6	149, 10- 41
COD	ND	357,9	340,5	1 122,8	1 548,8	911,9	551, 27-102, 451
TOC	ND	65	60,8	542	189,2	217,1	72,6
TOT-N	2,1	11,3	9	31,2	18,9	17,8	10, 8,73
TP	ND	1,2	1,1	48,3	19	17,6	7, 0,1-0,8, 0,062-42
Koliforme bakterier Log/ 100ml)	1,72 – 1,87	3,95 – 6,28	2,94 – 6,95	3,38 – 5,11	3,04 – 5,6	6,99 – 7,71	7,387
E-coli (Log/ 100ml)	0,85 – 1,15	2,98 – 3,06	2,81 – 2,95	ND	ND	3,54 – 6,4	3,8, 2,022

Beskrivelse 2 - Alle verdier er mg/l utenom fekale kolliformer som er oppgitt i log/ 100 ml

Tabell 5 - Gråvannets karakteristikk fra observasjoner utført i Norge (World Health, 2006), (Le-Tiary, 2016)

	Kristiansen og Skaarer (1979)	Rasmussen, Jenssen og Westlie (1996)	Jenssen (2001)	Le-Tiary (2016)
SS	35	39	-	-
TS	-	-	-	89
BOD₅	130	116	88	139
COD	341	-	277	289
Kjeldahl N	-	-	4,9	-
NH₄	11,5	36,1	3,8	9,38
Total N	19	42,2	8,8	16-19
Total P	1,3	3,97	1,0	1,3-1,6
Fekale kolliformer	5,1	-	4 – 6	

Beskrivelse 3 - Alle verdier er mg/l utenom fekale kolliformer som er oppgitt i log/ 100 ml

2.4 Nedbørsfelt

Et nedbørsfelt er det området nedbør faller i som leder til et vassdrag, innsjø eller liknende (Hendriks, 2010).

Construction City sitt nedbørsfelt er tomtearealet på 15.000m². Utbygger må prosjektere overvannsledninger og fordrøyningsbassenger for hele nedbørsfeltet. Selve takflaten til CC er på omtrent 9.000m². Den fordrøyende andelen av takflatene er en blanding av grønne-, blå- og blågrønne tak. Det er også noe takflate som er for servering og rekreasjon. Alle andelene vil renne til sluk, og må tas med i beregningen.

2.5 Grunnleggende vannbalanse

Vannbalanselikningen fra hydrologien er; $P = R + E \pm \Delta S$, der P er nedbør, R er avrenning, E er evapotranspirasjon og ΔS er endringen i magasinert nedbør. Alle verdier er oppgitt i mm.

Nedbør

P er nedbøren som tilføres til et område/ nedbørsfelt. Nedbør er regn og snø. Dersom eiendommen er plassert i en flomvei eller er utformet slik at overvann kan renne inn på tomten må også dette tas med som en del av dimensjonerende nedbørsmengde.

Avrenning

R er alt vannet fra nedbør som renner bort fra nedbørsfeltet. Når man ser på avrenning fra et bygg er R = påslipp til kommunalt ledningsnett fra takflater og øvrig tomteareal.

Evapotranspirasjon

Evaporasjon er endringen av vann fra flytende form til gassform fra vannflater eller våt jord, mens transpirasjon er fordamping av vann fra bladene til planter/ vekster (Hendriks, 2010). I praksis lar det seg ikke skille på evaporasjon og transpirasjon, så samlebegrepet evapotranspirasjon brukes derfor om all fordamping i vannbalanselikningen.

Evapotranspirasjon er avhengig av flere faktorer, og vil variere stort som følge av eller på

grunn av fraværet til noen av faktorene. I løpet av ett år varierer fordampingen mellom 200-500mm/år i Norge(Ødegaard et al., 2014a), og på verdensbasis fordamper inntil 57% av all nedbør som treffer land(Hendriks, 2010).

Fordampning kan estimeres matematisk ved bruk av den originale Penman-Monteith-likningen eller FAO Penman-Monteith-likningen. FAO -versjonen er en revisjon ment for å bedre kunne anslå fordampning i områder med dyrket mark(Allen, 1998).

Den sikreste måten å bestemme fordampning på er ved måling. Dersom det er installert målestasjoner for nedbør samt måleinstrumenter på ledningsnett vil differansen i nedbør og avrenning være evapotranspirasjon. På Vega Scene i Oslo er det installert måleinstrumenter for å måle P og R. Differansen til de to verdiene når $\Delta S = 0$ er evapotranspirasjon. Målinger fra Vega Scene sier at så mye som 40% av nedbøren fordamper på årsbasis.

Likning 1 - Penman-Monteith

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

Likning 2 - FAO Penman-Monteith

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)}$$

Magasinert nedbør

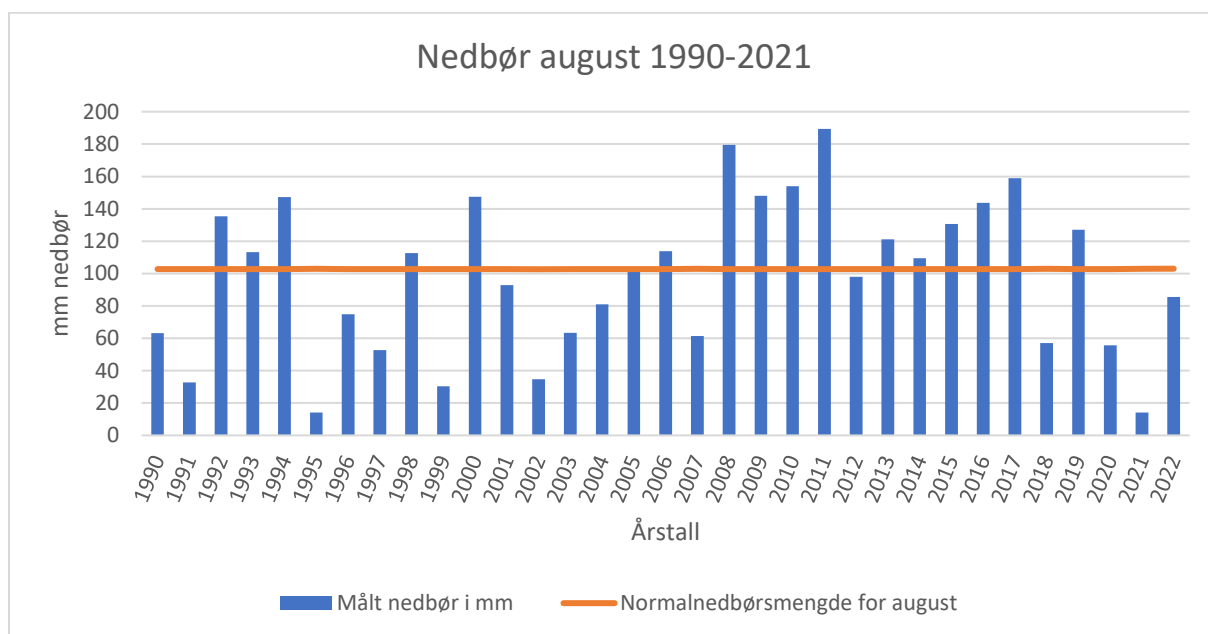
Magasinert nedbør er endringen i magasinert nedbør over en periode. Lengden på perioden har stor påvirkning i mengden magasinert nedbør. Lengde på perioden vil være avhengig av årstid. I sommerhalvåret vil nedbør forløpende renne bort eller fordampe, slik at magasinering på grønne eller blå tak bestemmes av det grønne takets evne til å holde igjen nedbøren og det blåe takets fordrøyningsperiode. I slutten av en periode er $\Delta S = 0$.

2.6 Årsnedbør og normalnedbør

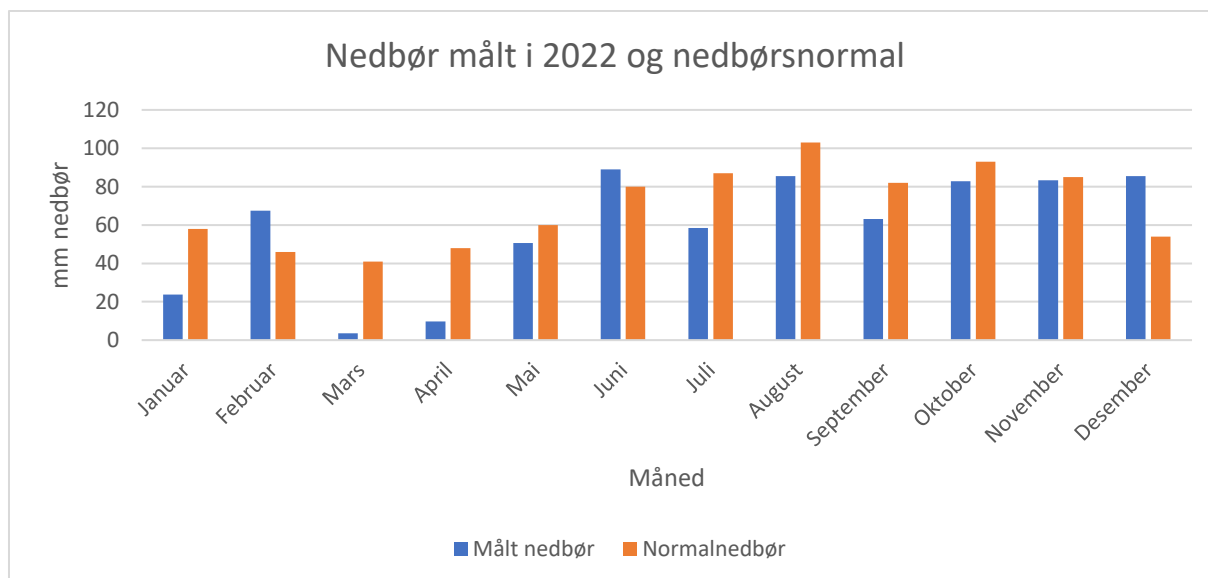
Årsnedbør er total nedbørsmenge målt i et kalenderår. Normalnedbør er den gjennomsnittlige nedbørsmengden for normalperioden 1990-2020. Normalnedbør oppgis i måneder, sesong/ årstid og år. For normalperioden 1990 – 2020 er årsnedbørnormalen 836 mm ved målestasjonen på Blindern. Det er lokale variasjoner i Oslo med nedbørnormal fra 681-1 271 mm per år. De to målestasjonene med de største nedbørnormalene er målestasjon 18500 Bjørnholt og 18950 Tryvannshøgda med 1 271mm og 1 175mm som normalnedbørsmengde. De to målestasjonen er lokalisert i Nordmarka. Dersom man renger ut medianen av alle nedbørstasjonene får man en årsnedbørnormal på 782mm nedbør. Dette tilsvarer 17 730m³ nedbør i løpet av ett år fordelt over 15.000m² som skal håndteres lokalt.

Figur 1 viser målt nedbør for august i løpet av 31 år sammenliknet opp mot normalnedbørsmengden på 103mm for august. Figur 2 viser målt nedbør i 2022 sammenliknet mot normalnedbøren. Figur 1 og Figur 2 viser store variasjoner i nedbør fra år til år og måned til måned. Mangel på nedbør kan føre til tørke, vanningsforbud og i verste fall rasjonering av vannressurser, mens for store nedbørsmengder kan føre til flom og sprengt kapasitet på kommunalt avløpsnett.

For å minimere faren for oversvømmelse og overbelastning av kommunalt avløpsnett er det innført strenge krav til hvor store nedbørsmengder utbyggere får slippe ut på kommunalt nett.



Figur 1 - Nedbør målt i august i fra 1990 – 2021



Figur 2 - Målt nedbør i 2022 i forhold til normalnedbør

2.7 Den rasjonelle formel

For å gjennomføre en overslagsberegning over hvilke nedbørsmengder man må håndtere på eiendom kan man bruke den rasjonelle formel som vist i Likning 3, Q er avrenningen i [l/s], A

er nedbørsfeltets areal oppgitt i [ha], I er nedbørsintensiteten oppgitt i [l/s*ha], og φ er avrenningskoeffisienten som sier noe om forholdet mellom avrenningen på overflaten og nedbørsmengden. I Tabell 6 ser vi noen vanlige verdier for avrenningskoeffisient (Mays, 2001). Tabellen er ikke uttømmende, og for å få gjennomført nøyaktige beregninger bør det benyttes beregningsprogrammer.

Likning 3 - Den rasjonelle formell

$$Q = \varphi * A * I$$

I tilfeller der det er flere forskjellige overflater kan man gjøre en forenklet beregning av midlere avrenningskoeffisient med formelen:

Likning 4 - Utrekning av midlere avrenningskoeffisient

$$\varphi_{mid} = \frac{A_1 * \varphi_1 + A_2 * \varphi_2 + \dots + A_n * \varphi_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Jo høyere avrenningskoeffisienten er, jo større vannmengder må man håndtere.

Tabell 6 - Maksimale avrenningskoeffisienter for flater

Type Flate	φ_{spiss}
Tak	0,8-0,9
Asfalterte veger og gater	0,7-0,8
Grusveger	0,4-0,6
Plen	0,05-0,1
Sammensatte flater:	
Bysentrum	0,7-0,9
Blokkbebyggelse	0,4-0,6
Rekkehusområder	0,3-0,4
Åpne eneboligstrøk	0,2-0,3

2.7 Overvannshåndtering og fordrøyning

For å oppnå kommunale krav om begrenset påslipp til kommunale ledninger er det vanlig å velge fordrøyende løsninger på flate tak som blåe tak, grønne tak eller kombinasjonen blågrønne tak. Det må i tillegg tas høyde for flater som ikke har fordrøyende effekt. Et helt ordinært flatt tak vil ikke holde igjen vannmengdene, og et tak med vakuumsluk (hevertprinsippet) vil kunne spyle overvann ut av systemet med vannmengder på over 30 l/s. Det er derfor essensielt at det også etableres nedgravde fordryingsbassenger, konstruerte våtmarker eller andre magasineringsalternativer. En måte å håndtere og fordrøye overvann på i perioder med kraftig nedbør på er ved å lage bassenger som til vanlig kan brukes til lek (skating etc). I Oslo kommune skal det primært etableres åpne magasiner, og det gis kun tillatelse til nedgravde magasiner ved spesielle tilfeller.

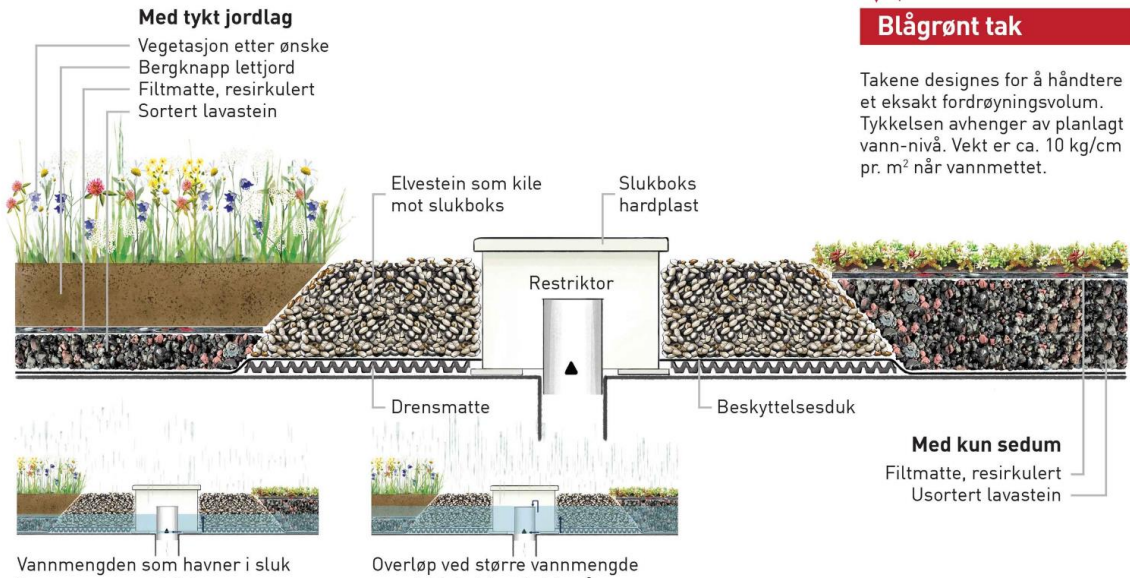
Blåe tak

Blåe tak er bransjenavnet på et flatt tak som er beregnet for å magasinere store mengder regn og kun tillate en begrenset vannmengde å slippe ut på byggets overvannsledning. I taksluket monteres en innsats som er perforert. Innsatsen må dimensjoneres ut ifra kommunale krav over hvor mye overvann bygget tillates å slippe på kommunal ledning. Det vil være en maksgrænse for hvor mye vann taket skal magasinere. Alt over denne grensen vil gå i et overløp enten utenfor byggets parapet eller ned i taksluket. Grensen bestemmes av hvor stor last taket tåler, men burde være minimum 100mm fra nederste punkt. Et flatt tak på 1000m² vil kunne magasinere inntil 100m³ med vann, og avhengig av innsatsens utforming vil vannet kunne slippes på ledningsnettet over en periode på inntil 24 timer, som tilsvarer ca 1,6 l/s. En god del av denne vannmengden vil kunne fordampe.

Grønne og blågrønne tak

Grønne tar er takflater med sedum eller andre vekster som har en fordrøyende effekt ved at nedbøren må passere gjennom jord før den når ned til takflaten og taksluk. Det grønne takets magasineringssevne avhenger av tykkelsen på jorda, og valg av jordtykkelse blir da et kost-nytte spørsmål mellom konstruksjonsstyrke og fordrøyning. En sedumplate på 40 mm har en oppgitt magasineringskapasitet på 20 l/m². Dette tilsvarer 20mm nedbør. Dersom nedbøren skulle være intens og jorden er helt tørr vil ikke jorden rekke å magasinere all nedbøren.

Blågrønne tak er kombinasjonen av blåe og grønne tak. I bunnen ligger et lag med grove, drenerende masser. På toppen ligger enten et lag med sedum, eller plantet jord. Restriktoren i sluket har to funksjoner. Første funksjon er å fordrøye og tillate en begrenset vannmengde å slipp til på rørnettet over en periode. Andre funksjon er overløp om nedbøren overstiger tillatt vannmengde på taket.



Takene designes for å håndtere et eksakt fordrøyningsvolum. Tykkelsen avhenger av planlagt vann-nivå. Vekt er ca. 10 kg/cm² når vannmettet.

Beskrivelse 4 - Bildet er hentet fra www.bergknapp.no, og viser deres løsning for blågrønne tak

Fordrøyningsbasseng og åpne fordrøyningsmagasin

Fordrøyningsbasseng brukes som siste kontrollpunkt for å begrense påslippet fra byggets overvannssystem til det kommunale nettet. Det finnes flere forskjellige varianter, fra kassetmoduler til ordinære betongrør. Volum av fordrøyningsmagasin må dimensjoneres iht kommunale krav.

2.9 Mikroorganismer

Ved gjenbruk av vann må man vurdere forekomsten av mikroorganismer som kan spres, herunder patogener som virus, bakterier og parasitter. Avløpsvann inneholder mange tusen forskjellige patogener. På grunn av det store antallet analyserer man vann for mikrobielle indikatororganismer som *E.coli* og *C. perfringens*. I familien *Proteobacteria* finnes flere bakteriearter som er skadelige for mennesker. *Proteobacteria* er delt inn i 6 klasser: *Alfa*, *Beta*, *Gamma*, *Delta*, *Epsilon* og *Zetaproteobacteria*. De mest kjente bakteriene i denne familien er: *Legionella pneumophila*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, som *C. jejuni*, *C. fetus* og *C. coli*.

Bakterier danner og lever i biofilm. Biofilm er et belegg av mikroorganismer som bakterier, sopp og protozoer. Mikroorganismene produserer en slimete matrise som beskytter bakteriene i miljøet. Dersom renseprosessen er god nok og man tilsetter kjemikalier kan man hindre dannelse av biofilm og mikrobiell vekst, men om denne behandlingen ikke utføres tilstrekkelig, så tar det kort tid før bakteriekulturene blomstrer.

Campylobacter

Campylobacter er en gramnegativ bakterie som ved smitte fører til campylobacteriose, som er en mage og tarmsykdom. Den vanligste smitekilden er ved inntak av forurenset vann, kontakt med dyre eller fugle-avføring, dårlig hygiene og krysskontaminering under matlaging eller drikke av upasteurisert melk.

Ifølge en nyhetsartikkel publisert av NRK i 2021 var det tarmbakterien *Campylobacter* som var årsaken til smitteutbruddet fra Askøy Vannverk i 2019 der et barn og en voksen kvinne døde som følge av infeksjon (Jon Bolstad, 2021). FHI, Mattilsynet og Askøy Kommune har i sin rapport fra utbruddet pekt på fekal forurensing fra fugl og dyreliv i området som mulig smittekilde. Avføringen kan ha trengte inn i reservoaret etter store mengder nedbør.

Legionella pneumophila

Legionellabakterien er en bakterie som ved smitte fører til legionellose. Legionellose har to forskjellige sykdomsbilder; 1) Legionærsyken som er en kraftig lungebetenelse som kan være dødelig, og 2) Pontiacfeber som gir et mildere sykdomsbilde som sjeldent trenger behandling. Bakterien lever i biofilm sammen med andre organismer som finnes i vann, og denne biofilmen sammen med riktig temperatur er essensiell for legionellavekst.

Legionella-bakterien spres med aerosoler og smitter ved innånding. Man smittes ikke av legionella ved å konsumere vann som inneholder bakterien.

Escherichia coli

Escherichia coli er en gram-negativ bakterie som finnes i tarmen til varmblodige dyr, deriblant mennesker og fugler. Bakterien tilhører familien Enterohemoragiske bakterier og smitter fra avføringen til mennesker og dyr til mat og vann. *E. coli* er en indikatororganisme som betyr at ved analyse av vann sjekkes det for *E. coli* da bakterien er en indikator på fersk fekal forurensing (Ødegaard et al., 2014a). Selv om *E. coli* er mye brukt som indikator er den ikke pålitelig for å detektere om det er virus i vannet som *Giardia* og *Cryptosporidium*. Vann kan også inneholde *Campylobacter* selv om vannet ikke inneholder *E. coli*.

2.10 Aerosoler

Aerosoler er små partikler som holder seg svevende i luften. Aerosoler kan dannes ved spyling av toaletter, vanning med vannspreder, i dusj eller ved fordamping mm.

En studie fra 2021 ser på muligheten i spredning av Covid-19 og andre smittsomme sykdommer i offentlige toaletter. I denne studien har de blant annet sett på resultatene fra tre studier (Aithinne et al., 2019; Best et al., 2012; Knowlton et al., 2018) og deres funn i spredning av aerosoler fra toalett etter spyling med og uten avføring. I studiene fant man ut at aerosolene kunne spre seg opp til 1,5 meter fra toalettet, men at det var begrenset på grunn av rommets størrelse, samt at aerosolene kunne være suspendert i luften inntil 30 minutter. Det ble også bekreftet at spredningen ble begrenset ved å lukke toalettlokket før spyling.

Smittekilden til legionellautbruddet i Stavanger i 2001 var et kjøletårn på Hotell Atlantic. Det var aerosoler fra dette kjøletårnet som spredde seg i Stavanger og førte til at 28 mennesker ble smittet, og 7 personer døde (FHI, 2010). FHI oppgir også at aerosoler mindre enn 5µm kan spres over flere km. Alle bedrifter og personer om eier eller har driftsansvar for bygg er pliktige til å gjennomføre tiltak for å fjerne mikrobiell vekst, forebygge mikrobiell vekst og har gode drifts, vedlikeholds og kontrollrutiner over sine tekniske anlegg som sanitær- og kjøleanlegg.

En studie fra 2018 viser at det er en fare for smitte av legionella via aerosoler fra vannspreder dersom verdiene overstiger 1000CFU/ml og at aerosoler som måler 10µm og mindre kan forflytte seg inntil 22 meter, avhengig av lufttrykk, vindhastighet og temperatur (Pepper & Gerba, 2018).

Som en del av risikovurderingen må det tas hensyn til spredning av aerosoler på grunn av de patogene som kan spre seg og utløse et smitteutbrudd som følge av gjenbruk av vann til vanningsanlegg. Et tiltak som kan utføres er å ikke benytte vannspredere, men kun anvende dryppvanning. Et annet mulig tiltak er tilsetning av Ammonium slik at det dannes kloramin og bakteriell vekst hemmes.

2.11 Internasjonale retningslinjer og nasjonale krav til vannkvalitet

WHO har utviklet et risikostyringsverktøy kalt «Sanitation safety planning», SSP. SSP går steg for steg gjennom hvilke grep man må foreta for å kunne gjenbruke gråvann på en trygg måte og for å ivareta folkehelsen og kan deles opp i seks moduler.

Modul 1: Hvor er det behov for SSP? Hvem skal involveres og hva er deres rolle

Modul 2: Beskriv sanitæranlegget i dets funksjoner og utforming. Hvordan er risikogruppen?

Modul 3: Identifiser risiko. Hva kan gå galt? Hvilke tiltak eksisterer og er de effektive?

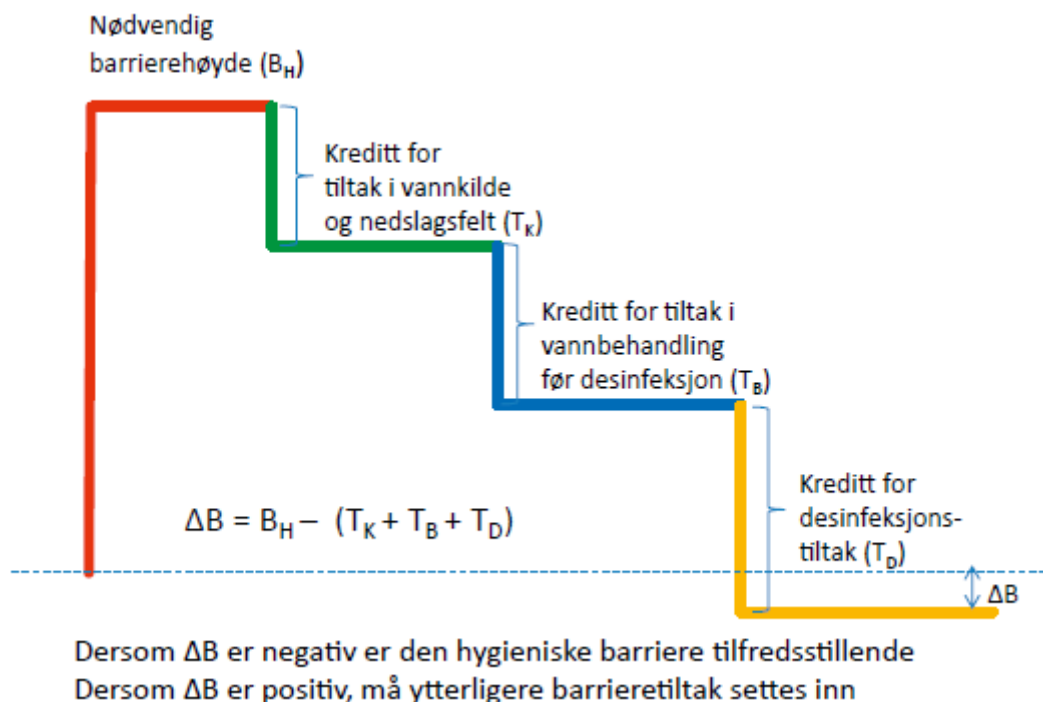
Modul 4: Hva kan forbedres og hvordan?

Modul 5: Overvåk og kontroller. Verifiser funksjonalitet og ytelse.

Modul 6: Videreutvikling og oppdatering av systemet



Figur 3 - WHO Sanitation safety planning vist i seks moduler (WHO, 2022)



Figur 4 - Oversikt over trinnene i prosedyren for mikrobiell barriere analyse (Ødegaard et al., 2014b)00

Drikkevannsforskriften stiller krav til «tilstrekkelige hygieniske barrierer» for å tilfredstille kravene i forskriftens §5 *Vannverkseieren skal sikre at drikkevannet er helsemessig trygt, klart og uten fremtredende lukt, smak og farge.* §5 har følgende presiseringer:

Drikkevannet skal:

- ikke inneholde virus, bakterier, parasitter, andre mikroorganismer eller stoffer som i antall eller konsentrasjon utgjør en mulig helsefare og*
- overholde grenseverdiene i vedlegg 1.*

Drikkevannet skal være i samsvar med kravene i første ledd på følgende steder:

- ved påkoblingspunkter mot andre vannforsyningssystemer*
- ved påkoblingspunkter mot interne fordelingsnett eller enkeltvannforsyninger*
- ved tappepunkter som vannverkseieren er ansvarlig for*
- der vannet forlater en vanntank som vannverkseieren er ansvarlig for.*

Eieren av et internt fordelingsnett skal sikre at det interne fordelingsnettet ikke gjør drikkevannet mindre helsemessig trygt. Det interne fordelingsnettet skal heller ikke bidra til at drikkevannet blir mindre klart eller får fremtredende lukt, smak eller farge(omsorgsdepartementet, 2017).

I tillegg til drikkevannsforskriften har Helse- og omsorgsdepartementet utgitt «Forskrift om miljørettet helsevern» vis formål er å *sikre befolkningen mot faktorer i miljøet, blant annet biologiske, kjemiske, fysiske og sosiale, som kan ha negativ innvirkning på helsen(omsorgsdepartementet, 2003).* Forskriftens kapittel 3a stiller krav til å hindre spredning av legionella via aerosoler.

EU har definert minimumskrav for vann som skal gjenbrukes til vanning innen landbruk. EU har her delt vannkvaliteten opp i 4 klasser som listet i Tabell 7. Tabell 8 er grenseverdiene fra Drikkevannsforskriften. Som man ser er det nulltoleranse for koliforme bakterier og *E. coli*, mens det tillattes noe farge og lukt så lenge dette ikke er sjenerende.

Tabell 7 - Kvalitetskrav til gjenvunnet vann for jordbruksvanning (Laura & Bernd, 2017)

Gjenvunnet vanns kvalitetklasse	Foreslått renseteknologi	Kvalitetskrav				
		<i>E. coli</i> (cfu/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	Turbiditet (NTU)	Andre kriterier
Klasse A	Sekundærbehandling, filtrering og desinfisering (avansert vannbehandling)	≤ 10 eller mindre	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> : ≤ 1.000 cfu/l når det er risiko for dannelse av aerosoler Tarmnematoder: ≤ 1 egg/l for vanning av beitemark for husdyr.
Klasse B	Sekundærbehandling og desinfisering	≤ 100	Iht. Dir. 91/271/EEC	Iht. Dir. 91/271/EEC	Iht. Dir. 91/271/EEC	
Klasse C	Sekundærbehandling og desinfisering	≤ 1.000	Iht. Dir. 91/271/EEC	Iht. Dir. 91/271/EEC	Iht. Dir. 91/271/EEC	
Klasse D	Sekundærbehandling og desinfisering	≤ 10.000	Iht. Dir. 91/271/EEC	Iht. Dir. 91/271/EEC	Iht. Dir. 91/271/EEC	

Tabell 8 – Drikkevannsforskriftens tillatte verdier for mikrobiologi, indikator- og risikovurderingsparametere (omsorgsdepartementet, 2017)

Parameter	Verdi	Enhet	
Fekale kolliformer	0	/100 ml	
<i>E. coli</i>	0	/100 ml	
Smak	Akseptabelt for forbruker og uten unormale endringer		
TOC	Uten unormale endringer		
Turbiditet	Akseptabelt for forbruker og uten unormale endringer		Mattilsynet anbefaler at verdien for turbiditet ikke overskrider 1 NTU
<i>Legionella</i>	<1.000	CFU/l	

Drikkevannsforskriften, EU sine retningslinjer for gjenbruk innen landbruk og SSP er gode verktøyer for å bestemme tilstrekkelig drikkevannskvalitet. Norsk vann har gitt ut en veiledning for mikrobiell barriere analyse som skal brukes som et verktøy for å vurdere risiko, barrierehøyde og nødvendige rens tiltak inkludert desinfeksjon. De forskjellige barrieretiltakene er illustrert i Figur 4.

Tabell 9 - Gjennomsnittsverdier av gråvannskaraktistikk er gjennomsnittsverdiene fra

Tabell 5. Det er stor forskjell fra verdiene målt i Norge og verdiene som er oppgitt i Tabell 4.

Tabell 9 - Gjennomsnittsverdier av gråvannskaraktistikk

Gjennomsnittsverdier fra målinger i Norge	
SS	37
TS	89
BOD ₅	105
COD	302
Total N	20
Total P	1,7
Fekale kolliformer	5

2.12 Vannrensing

For å rense vann finnes det flere ulike metoder og sammensetninger av renseanlegg. På grunn av den forventede kvaliteten til overvannet må også dette vannet gjennom en renseprosess for å drepe patogener.

De forskjellige renseprosessene vil ha et plasskrevende fotavtrykk som må vurderes opp mot effektiviteten av renseprosessen, og hver renseprosess vil ha en kostnad. Som grunnlag for valg av renseprosesser og antall barrierer er det tatt utgangspunkt i Norsk Vann sin veiledere for: mikrobiell barriere analyse, vannbehandlingsanlegg og avløpsrenseanlegg (Ødegaard, 2009; Ødegaard et al., 2014b; Ødegaard & Norsk Vann, 2015), samt prisestimer og produktinformasjon fra noen produsenter der dette var nødvendig.

Forbehandling

Formålet med mekanisk rensing er å separere grove eller fine slampartikler fra gråvannet før neste rensetrinn for å minimere og ideelt sett utelukke driftsproblemer i påfølgende behandlingstrinn. Som forbehandling kan man bruke grovsiler, sandfilter uten koagulering og sedimenteringsbasseng. Valg av forbehandling er også avhengig av antall behandlingstrinn man vil ha. Om man for eksempel ønsker å bruke membranfiltrering må vannet være godt renset i forkant for å kunne opprettholde produksjon og minimere antall foulinger.

Kjemisk rensing

Kjemisk rensing er trinnet i en renseprosess der det tilsettes kjemikalier til vannet for å starte koagulering og danne fnokker. Fnokker er når partikler og kolloidalt materiale binder seg til hverandre for å danne større og tyngre partikler som kan sedimentere. Det vil produseres et slam som jern eller aluminiums-saltet er forbundet til. Dette slammet kan man ikke foredle videre om man skulle ønske å gjenvinne f eks fosfor.

Sedimentering

Sedimentering er prosessen der vann/ avløp føres til et basseng og partiklene vil legge seg på bunnen av sedimenteringsbassenget i løpet av bassengets lengde. Overflatebelastningen anbefales dimensjonert til 1,2 m/h med bassengdybde på 2 – 3 meter. For å oppnå sedimentering må forholdet mellom partiklenes synkehastighet og overflatebelastningen være lik $v_f < v_s$, der v_f er overflatebelastningen og v_s er partiklenes synkehastighet.

Som man ser ut ifra formelen $V_f = Q_{dim}/A_{dim}$ så er dimensjonering av sedimenteringen avhengig av jevn volumstrøm og bassengets areal.

For å få store partikler og høy synkehastighet og dermed kunne øke overflatebelastningen er det vanlig å ha sedimenteringsbasseng i etterkant av et koagulering og flokkulering-trinn.

Stokes lov definerer partiklenes synkehastighet som $v_s = \frac{d^2 * g * (\rho_p - \rho_w)}{18 * \mu}$.

Biologisk rensing

Biologisk rensing er bruk av mikroorganismer til å omsette organiske stoffer til vann og CO₂. Biologisk vannrensing kan gjennomføre på følgende metoder: aktivslam, MBBR eller kominasjonsanlegg (IFAS). En forutsetning for å anvende et biologisk rensetrinn er at man har opp mot kontinuerlig og stabil tilstrømning slik at mikroorganismene ikke dør på grunn av mangel på næring og at det ikke blir for stor påkjenning på mikroorganismene i perioder med stor belastning. Biologisk rensing er sårbar for store svingninger.

Fjerning og inaktivering av smittestoffer

På grunn av vannets evne til å spre patogene mikroorganismer i form av gass/ aerosoler eller i flytende form, er fjerning eller inaktivering av patogene det siste rensetrinn i produksjon av drikkevann, og dermed siste hygieniske barriere iht. mikrobiell barriere analyse. Partikkelfjerning utføres ved hjelp av filtrering, mens inaktivering utføres med klor, ozonering eller UV-bestråling.

I Tabell 10 er det listet opp de mest vanlige partikkelfjerningsmetodene og deres separasjonseffektivitet. Sandfiltrering uten koagulering kommer dårlig ut da denne metoden egner seg best som forbehandling av vannet som første trinn dersom grovsil ikke er medtatt i vannbehandlingen. Koagulering i kombinasjon med sandfiltrering egner seg svært godt og godt til fjerning av patogene som listet under da de vil bli fanget opp i fnokker, og dermed ikke har mulighet til å komme seg videre i systemet. Membranfiltrering egner seg svært godt på grunn av porestørrelsen til membranen. Porestørrelsen er så liten at virus, bakterier og parasitter ikke klarer å trenge gjennom membranen.

Rangeringen av de forskjellige membrantypene er gradert etter størrelsen på porene. Omvendt osmose (RO) har den minste porestørrelsen og vil da også rense ut alt av partikler og molekyler, til og med oppløst salt. Bakdelen med RO er at dersom vannet ikke er tilstrekkelig renset før membranfiltreringen, så vil man oppleve hyppig fouling. Det er ikke anbefalt å bruke anlegg som bruker polymer i forkant av membranfiltrering da dette øker faren for å tette igjen membranfiltre/ fouling Fouling er når membranen er tett og må flushes/ renses for å kunne filtrere vann igjen. Ultrafiltrering og mikrofiltrering er membranene med størst porestørrelse, og vil derfor ikke fungere like godt mot de minste patogener.

Tabell 11 er det listet opp tre forskjellige måter å inaktivere patogener. Klor er den metoden som fungerer dårligst mot de forskjellige patogener. Det klor egner seg godt til er forbehandling av vann for å hindre biologisk vekst og som etterbehandling i form av kloramin for å hindre biologisk vekst på ledningsnett.

UV-bestråling er prosessen der vann blir pumpet gjennom et kammer der det blir utsatt for sterk bestråling. Vannet som skal passere må være godt rensert i forkant for å oppnå desinfeksjon. Dersom vannet inneholder mye partikler vil lysspredningen i kammeret redusere effektiviteten, og faren for smitteutbrudd øker. Behandlingstiden ved bruk av UV er kort, og man kan få full desinfeksjon etter kun 30 sekunders behandling.

Ved ozonering tilsettes O₃ til en kontakttank der det rensede vannet og ozon-gassen blandes sammen. Ozon er svært effektivt mot patogener og bidrar til reduksjon av fargetall, men behandlingen av vann i et ozoneringsanlegg kan ta opp til 20 minutter.

Tabell 10 - Separasjonseffektivitet av vanlige partikkelfjerningsmetoder (Ødegaard et al., 2014a)

Partikkelfjerningsmetode	Virus	Bakterier	Parasitter
Sandfiltrering u/ koagulering	Svært dårlig	Dårlig	Ganske dårlig
Koagulering/ sandfiltrering	God	Svært god	Svært god
Membranfiltrering <ul style="list-style-type: none"> • RO og NF • UF • MF • UF/ MF m/ koag. 	Svært god Ganske god Mindre god Svært god	Svært god God Ganske god Svært god	Svært god Svært god Svært god Svært god

Tabell 11 - Inaktiviseringseffektivitet av vanlige desinfeksjonsmetoder (Ødegaard et al., 2014a)

Desinfeksjonsmetode	Virus	Bakterier	Parasitter
Klorering	Svært dårlig	Dårlig	Ganske dårlig
Ozonering	God	Svært god	Svært god
UV-bestråling	God	Svært god	Svært god

Tabell 12 - Dimensjonerende Ct-verdi mg * min/ l for inaktivering av patogener

	Bakterier (3 log)		Virus (3 log)		Parasitter, Giardia (2 log)		Parasitter, Cryptosporidium (2 log)	
	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C
Klor								
pH <7	1,0	1,5	4,0	6,0	75	100	i.a.	i.a.
pH 7 - 8	1,5	2,0	6,0	9,0	100	150	i.a.	i.a.
pH > 8	2,0	3,0	8,0	12,0	175	200	i.a.	i.a.
Kloramin	100	200	1 500	2 000	1 750	2 000	i.a.	i.a.
Klordioksid	1,0	1,5	10	15	20	30	>100	>150
Ozon	0,5	0,75	1,0	1,4	1,5	2,0	30	45

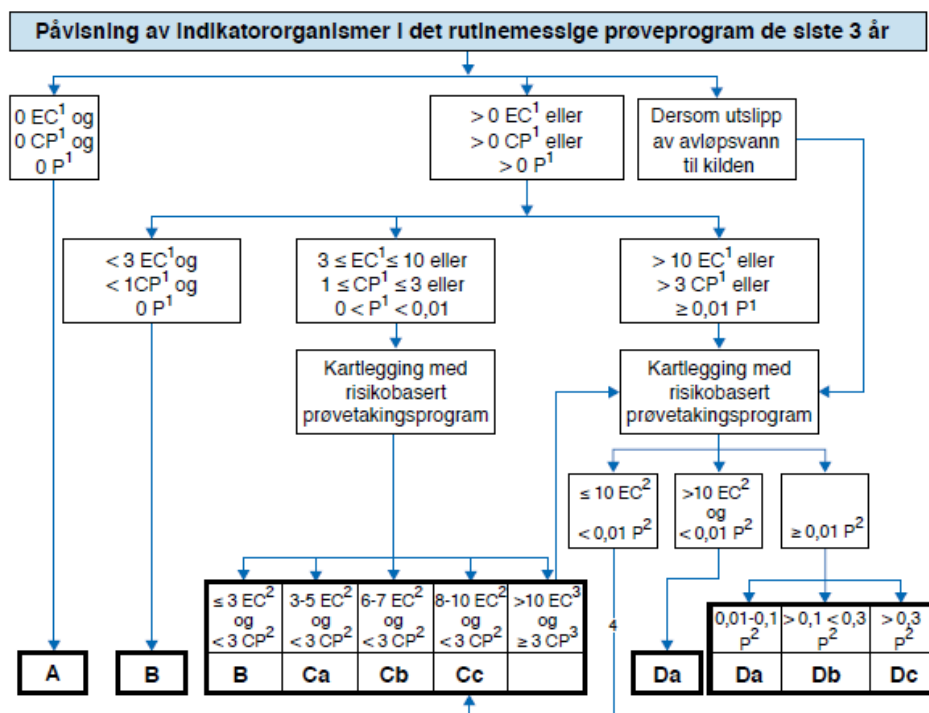
I Tabell 12 er det oppgitt doseringsmengder for inaktivering av patogener. I cellene som er merket med i.a. er doseringsverdien så høy at bruken av klor og kloramin ikke er en interessant måte å inaktivere på.

Oppsummering av rensetrinn

For å oppnå ønsket vannkvalitet må man bygge renseanlegget opp i flere deler. I Norsk Vanns veileder for dimensjonering av avløpsrenseanlegg er det satt opp en tabell som viser forventet renseseffektivitet basert på verdier som er noe høyere enn den forventede gråvannssammensetning i Tabell 9, og forskjellige kombinasjoner og prosesser for å oppnå eller utelate fjerning av nitrogen og fosfor.

I Norsk vanns veiledning for mikrobiell barriereanalyse er det satt opp en enkel tabell og figur som skal hjelpe til å bestemme nødvendig barrierehøyde. I Figur 5 bestemmes vannkvaliteten basert på målinger av kilde eller forventet vannkvalitet. I og med at kilden er avløpsvann vil det være behov for kartlegging med risikobasert prøvetakingsprogram. Dersom antall parasitter er $\geq 0,01$ P/ 100 ml vil man havne i kategori Da, Db eller Dc. Dersom ≤ 10 *E. coli* / 100ml eller $< 0,01$ P/ 100ml vil man havne i kategori Cc. I Tabell 13 ser man nødvendig barriere. Avhengig av parasitnivå vil man enten havne i Cc eller en av D-klassene. Dersom parasitnivået er høyt nok er *E. coli* nivået «ubetydelig».

Det finnes flere forskjellige ferdigutviklede «hyllevarer» innen vann og avløpsrensing samt nye utviklinger. Tabell 14 er det listet opp tre forskjellige renseanlegg og hvor effektiv de er. Det som skiller renseanlegg med høy kapasitet og renseevne fra de anleggene med lav kapasitet og renseevne er tilsetning av kjemikalier og polymer for å binde kolloidale partikler.



- ¹ Funn av angitt indikator [EC – E.Coli, CP – Clostridium Perfringens, P – parasitter (dersom analyse av P foreligger)] over angitt verdi (antall/100 ml) én eller flere ganger i løpet av de siste 3 år.
- ² Middelkonsentrasjon (antall/100 ml) av angitt indikator over prøveperioden eller registrering av angitt nivå i mer enn 1/6 av prøvene (16,7 %) over perioden. For parasitter gjelder summen av Giardia og Cryptosporidium/100 ml.
- ³ Eller > 20 EC eller > 6 CP i enkeltprøver.
- ⁴ Kan bare benyttes dersom det ikke forekommer utslipp av avløpsvann til kilden og < 3 CP påvises.

Figur 5 - Bestemmelse av vannkvalitetsnivå

Tabell 13 - Sammenheng mellom nødvendig barrierehøyde, vannverkets størrelse og vannkvalitetsnivå (Ødegaard et al., 2014b)

Vannverkets størrelse		Vannkvalitetsnivå i kilde			
		A	B	C	D
Nødvendig barrierenivå	< 1000 personer tilknyttet	3,0b + 3,0v + 2,0p	4,0b + 4,0v + 2,0p	a. 4,5b + 4,5v + 2,5p b. 4,5b + 4,5v + 2,75p c. 4,5b + 4,5v + 3,0p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,5p c. 5,0b + 5,0v + 4,0p
	1000 – 10.000 personer tilknyttet	3,5b + 3,5v + 2,5p	4,5b + 4,5v + 2,5p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,25p c. 5,0b + 5,0v + 3,5p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 4,0p c. 5,5b + 5,5v + 4,5p
	> 10.000 personer tilknyttet	4,0b + 4,0v + 3,0p	5,0b + 5,0v + 3,0p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 3,75p c. 5,5b + 5,5v + 4,0p	a. 6,0b + 6,0v + 4,0p b. 6,0b + 6,0v + 4,5p c. 6,0b + 6,0v + 5,0p

Tabell 14 - Renseanlegg

Actiflo Pack Mini		
Fotavtrykk	LxBxH	3,28x1,43x3,55
Vekt	kg	1 800 (3 400*)
Q min	m ³ /h	3
Q maks	m ³ /h	15
STS maks	mg/ l	1 000
STS effektivitet	%	90% ved rens av avløpsvann
Partikkelstørrelse	mm	2
Tri-Mite 50		
Fotavtrykk	LxBxH	2,75x1,77x2,6
Vekt	kg	2857 (6350*)
Q maks	m ³ /h	11,36
Turbiditet før	NTU	<75
Turbiditet etter	NTU	<0,1
Effektivitet	%	99,9
Ecomotive A03 Gråvannsrenseanlegg		
Fotavtrykk	LxBxH	NA
Vekt	kg	NA
Q	m³/d	1,12
Renseeffektivitet		
SS	%	77%
Fosfor	%	48%
COD	%	55,2%
BOD₅	%	69,6%
E. coli	log	1,69

2.13 Økonomi

Etablering og drift av et renseanlegg koster penger. Investeringskostnaden til renseanlegget må derfor ses opp mot besparelsen som et redusert vannforbruk fører med seg.

Fotavtrykket til renseanlegget vil også ha en pris, da hver kvadratmeter som ikke selges eller kan brukes til utleie er penger tapt. Det kan derfor være en forutsetning for installasjon av renseanlegget at det er høy diskonteringsrente som for en bedrift oversettes til avkastningskrav. Det er ikke uvanlig å regne inn avkastning på 15%.

Et avansert renseanlegg har også høyere vedlikeholdskostnad da drift og vedlikehold er avhengig av kompetent personell for å opprettholde funksjon.

Den største faktoren for lønnsomheten til gjenbruk av gråvann er mengden gråvann som produseres og kan gjenbrukes, og som et direkte resultat av gjenbruk: Besparelsen i vann som brukes til spyling av toaletter. Forbruker må betale to gebyrer for hver kubikk med vann som brukes. 1) vann inn, og 2) vann ut. Oslo kommune sitt forslag til økonomiplan for 2023-2026 foreslår en årlig økning i vann og avløpsgebyr på 16,5% i 2023, 16,5% i 2024, 17% i 2025 og 17,2% i 2026. Til sammenlikning var det en økning på 1,5% i 2021 og 6,5% i 2022. Hvordan vann og avløpsgebyret vil endre seg etter dette er vanskelig å si, men økte renter og generell prisstigning er kostnadsdrivende.

Den videre utviklingen i kommunale vann og avløps-gebyrer er selvfølgelig vanskelig å forutsi, men om man ser på prisveksten i samfunnet fra 2000 til 2022 er det en gjennomsnittlig prisøkning på omtrent 2,8%. Dersom man anvender 2,8% fra 2027 til 2050 vil den kommunale avgiften øke til 128,- per m³ vann og avløp.

Tabell 15 - Utvikling i kommunale vann og avløpsgebyrer fram til 2026 og antatt tilbakeholden prisutvikling fram til 2050

	2023	2024	2025	2026	2027	2050
Vann	20,69	24,10	28,20	33,05	33,98	64,12
Avløp	20,69	24,10	28,20	33,05	33,98	64,12
Sum	41,38	48,21	56,40	66,10	67,96	128,25

Den store prisøkningen skyldes i stor grad økte rentesatser på lån forbundet til kommunens gjeldsgrad øker fra 49% til 88% over perioden 2021 til 2026 (Bystyret, 2021). Med de oppgitte avgiftssatsene er det mulig å gjennomføre en Nåverdiberegning for å sjekke potensiell besparelse som følge av reduksjon i vannforbruk.

3 Metode, prosjektering og resultater

3.1 Dimensjonerende vannmengder og forbruk

Som opplyst innledningsvis er CC et kontorbygg på ca 103.000² og har et forventet vannforbruk på mellom 89,6 og 223,9m³ per dag. Det er da tatt utgangspunkt i 230 arbeidsdager i ett år. Om 40% av vannforbruket er til toalettspyling og urinaler betyr det at man vil bruke fra 35,8 til 89,6 m³ til spyling av toaletter hver dag.

3.2 Målt vannforbruk i kontorbygg

Fra 14. mars 2022 er det gjennomført 42 målinger av vannforbruket i et kontorbygg i Oslo. Total arealet er ca 6 000m². Det er også hentet data over forbruksmønster i løpet av en arbeidsuke. I løpet av ett år er det forbrukt 1 711m³ drikkevann, med et gjennomsnittlig forbruk på 0,26 l/s i løpet av en åtte timers arbeidsdag. Det er installert vannstoppeventiler i bygget som stenger vanntilførsel til sanitærutstyr når lyssensorene ikke detekterer bevegelse i rommet og lys slukner. Denne funksjonen gjør at lekkasjer fra sanitærutstyr vil stanses dersom det ikke er noen i rommet, og man vil ikke ha et unødvendig høyt vannforbruk på grunn av lekkasjer fra toalett eller urinal.

Det årlige vannforbruket på 1.711m³ tilsvarer 0,28 m³/m² per år. Vannforbruket ligger innenfor rekkevidden oppgitt i Rørhåndboken.

OBOS har også bidratt med målerdata fra 4 av sine kontorlokaler fra januar 2019 til og med desember 2022. Oppgitt data kan leses i Tabell 16. I 2019 ser man at vannforbruket varierer fra 0,4 – 0,17 m³/m² per år, der Kværnerhallen har det største vannforbruket og Møllergata har lavest. Det er oppløyst om at Møllergata har lavere andel utleid og at dette bygget heller ikke har kantinekjøkken. På grunn av pandemien og utstrakt bruk av hjemmekontor ser vi at vannforbruket i alle bygg har gått ned, men at vannforbruket øker. Ingen av byggene har per 2022 et vannforbruk som overstiger 0,3 m³/m² per år, men at de største byggene ligger i nærheten av 0,27. Det minste at byggene har også det laveste forbruket, og ligger på under 0,1 m³/m² per år. Det som skiller dette bygget fra alle andre bygg som er observert er mangelen på kantinekjøkken.

OBOS opplyser om at det er ca 600, 550 og 490 arbeidsplasser på Hammersborg Torg 1, 3 og Møllergata 39. Det er ikke opplyst om dekningsgraden eller hvor mange kontorplasser som er utleid i noen av byggene, men deler av Hammersborg Torg-kontorene er fraflyttet de siste årene, og Møllergata 39 har ledig kapasitet.

Dersom man bruker forventet forbruksdata fra «Water Supply» ville estimert vannforbruk for Hammersborg Torg 1, Hammersborg Torg 3 vært henholdsvis 8.970 m³ og 8.222 m³ per år. Det oppgis ikke ytterligere begrunnelse for valgte vannmengder eller om vannmengdene er oppdatert fra første utgave i 1963 til femte utgave utgitt i 2000. På grunn av det store avviket mellom målte vannmengder og vannmengdene fra litteraturen må det antas at kilden er utdaterte og ikke burde brukes videre.

Tabell 16 - Målt forbruksdata fra 4 kontorlokaler over en periode på 4 år

	Hammersborg Torg 1	Hammersborg Torg 3	Møllergata 39	Kværnerhallen
--	--------------------	--------------------	---------------	---------------

Areal	14.000 m ²	9.660 m ²	6.316 m ²	16.967 m ²
Arbeidsplasser	600	550	490	NA
Forbruk 2019	4.395 m ³ (0,31)	2.396 m ³ (0,25)	1.100 m ³ (0,18)	6.670 m ³ (0,4)
Forbruk 2020	2.376 m ³ (0,17)	1.361 m ³ (0,14)	445 m ³ (0,07)	4.154 m ³ (0,25)
Forbruk 2021	1.530 m ³ (0,11)	829 m ³ (0,08)	338 m ³ (0,05)	3.533 m ³ (0,21)
Forbruk 2022	3.715 m ³ (0,27)	1.520 m ³ (0,16)	519 m ³ (0,08)	4.572 m ³ (0,27)
Forventet (Twort et al., 2000)	8 970 m ³	8 222 m ³	7 325 m ³	-

Beskrivelse 5 - Verdier i parentes er faktoren for m³/m² per år

Det foreligger ingen data på hvor mye vann i et næringsbygg som går til dusjing og håndvask, men FHI anbefaler at man har god hygiene og vasker hendene etter endt toalettbesøk. FHI anbefaler at man bruker ca 40-60 sekunder per håndvask for å oppnå et godt bakteriefritt resultat. Ventetid på varmtvann i kraner avhenger av bruksfrekvens. Videre i beregningen antas det at hver tapping foregår i 60 sekunder. Et tradisjonelt servantbatteri forbruker maks 0,2 l/s, og nyere servantbatterier kan ha et forbruk så lite som 4,2 l/min. Nyere bygg bygges i stor grad med vannbesparende armaturer for å kunne oppnå energiklassifisering. Vannforbruk til håndvask settes til 4,2 l/min som er 84% av vannforbruket til toalettspyling.

Basert på innsamlet data brukes tilnærmingen fra rørhåndboka som dimensjoneringsmetode, og faktoren settes til 0,3 m³/m² per år. Det vil da være et forventet midlere vannforbruk per døgn på 134,3 m³, der 53,8 m³ går til toalettspyling, 45,2 m³ til håndvask og 35,3 m³ til resterende som konsum, matproduksjon, dusj, etc.

Tabell 17 - Beregnet vannforbruk for Construction City, midlere, min og maks

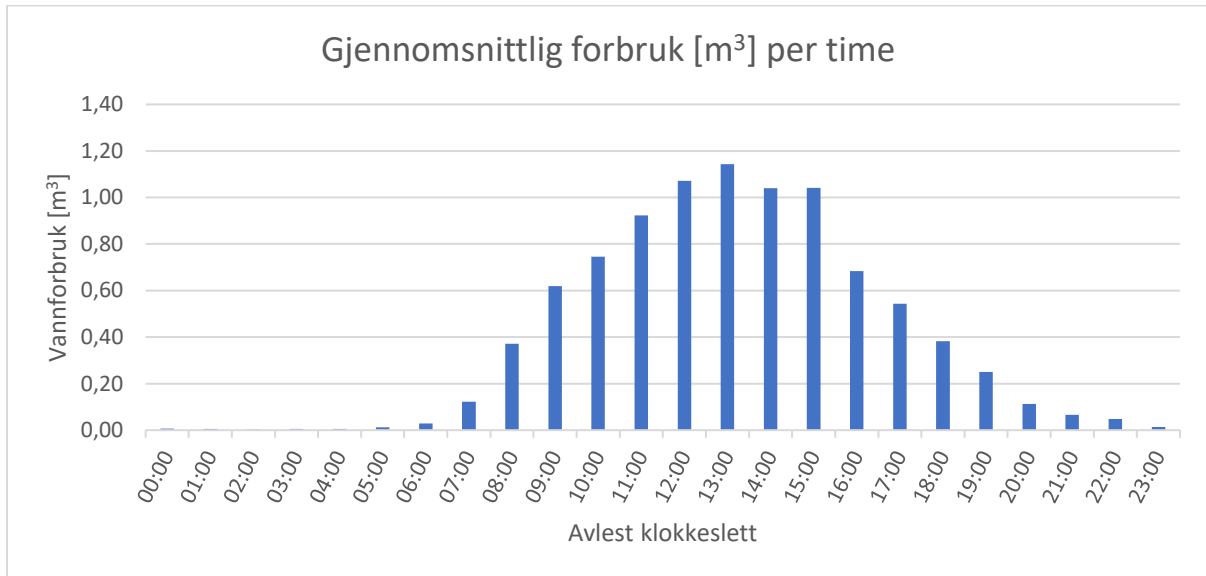
	0,3 m ³ /m ² per år	0,2 m ³ /m ² per år	0,5 m ³ /m ² per år
Forventet totalt forbruk per år	30.900 m ³	20.600 m ³	51.500 m ³
Forbruk toalett per år (40%)	12.360 m ³	8.240 m ³	20.600 m ³
Forbruk toalett per dag	53,8 m ³	35,8 m ³	89,6 m ³
Forbruk servant per dag	45,2 m ³	30,1 m ³	75,2 m ³
Resterende vannforbruk	35,3 m ³	23,6 m ³	59,1 m ³
Totalt vannforbruk	134,3 m ³	89,6 m ³	223,9 m ³

For å kunne oppnå 100% gjenbruk av rensset vann er det behov for ytterligere 8,6 m³. Noe av vannet kan komme fra nedbør og noe kan komme fra resterende vannforbruk i Tabell 17. Dersom man ikke får tilgang på nok vann til rensing må det tilføres ordinært drikkevann til systemet slik at toalettens funksjon opprettholdes.

Forbruksmønster

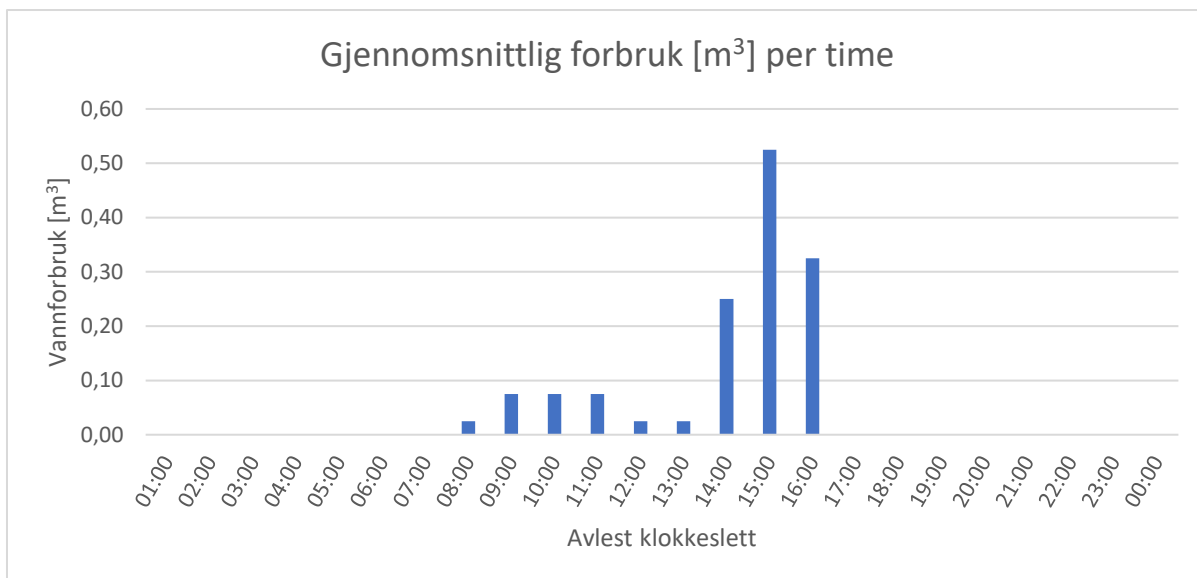
Det er registrert timeforbruk for samtlige vannmålere 27. 28. 29. og 30. mars. Det er to vannmålere på hovedvanninntaket og to vannmålere på storkjøkkenet. De avleste verdiene er satt inn i et Excel-ark, og gjennomsnittsverdien av avlesningene er anvendt for å lage et forbruksdiagram. I Figur 6 ses variasjonen i vannforbruket i løpet av arbeidsdagen, med størst belastning i perioden 13:00-16:00. Forbruksmønsteret for kantina kan ses i Figur 7

På grunn av de store variasjonene i forbruket bør renseanlegget utformes på en måte som gjør at renseprosessen har en jevn tilstrømning av vann som skal renses slik at man unngår spissbelastning på anlegget. Dette vil kreve store magasiner før og etter rensing, samt magasiner for distribusjon.



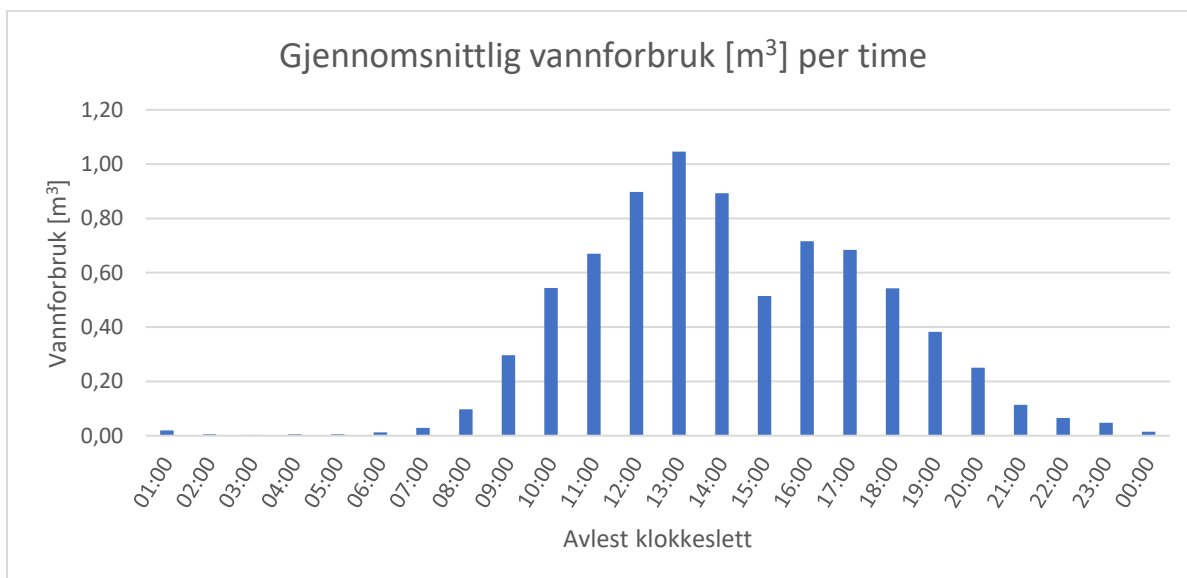
Figur 6 – Gjennomsnittlig vannforbruk i m³ per time over 24 timer

Vannforbruket fra storkjøkkenet er klassifisert som gråvann, men på grunn av fettinnhold i mat er det lovpålagt at virksomheter vis virksomhet er matproduksjon skal installere fettutskiller før påslipp til kommunalt ledningsnett (VAV, 2019). På grunn av fett og saltinnhold anses dette gråvannet som krevende å rense, spesielt på grunn av at salt kun kan fjernes gjennom rensing i omvendt osmose-anlegg. Gråvann fra storkjøkkenet vil derfor ikke bli medtatt i beregninger over gråvann som kan renses for gjenbruk.



Figur 7 –Gjennomsnittlig vannforbruk i m³ per time på storkjøkkenet over 24 timer

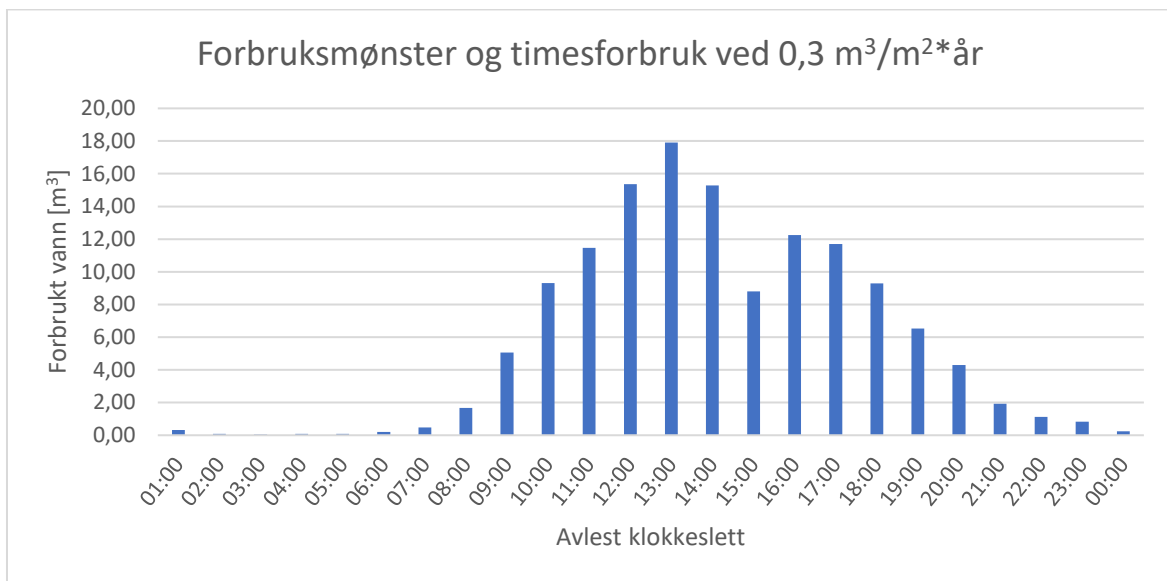
Vannforbruket uten storkjøkkenet vises i Figur 8. Den største belastningen som avlese klokken 14:00 er halvert og det totale gjennomsnittlige vannforbruket er redusert med 1,4m³.



Figur 8 - Gjennomsnittlig vannforbruk i m³ per time uten storkjøkkenet over 24 timer

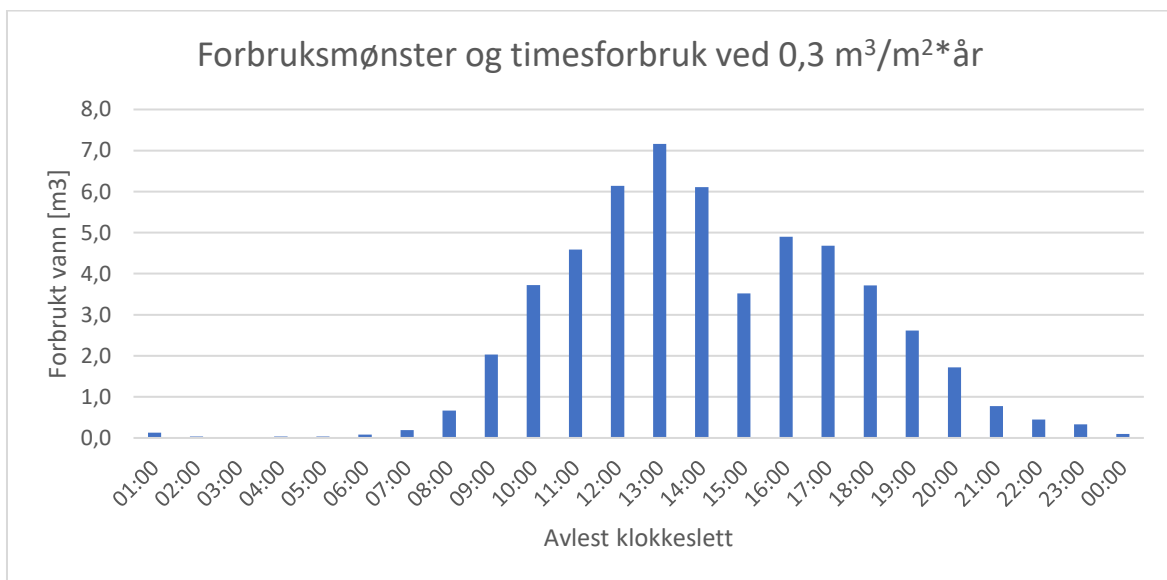
Forbruksmønsterdiagrammet er utarbeidet etter innhenting av data på vannforbruk fra flere kontorbygg eiet av OBOS. I dataen bak diagrammet danner en faktor for gjennomsnittlig timeforbruk som gjennomsnittsforkbruket skal ganges med for å få forventet forbruk av vann per time i m³.

Diagrammene viser variasjon i vannforbruket i løpet av arbeidsdagen. Forbruksmønsteret tilsier at mellomlagring av urensset og rensset vann vil være en forutsetning for å kunne dimensjonere renseprosessene slik at det pågår en kontinuerlig rensing i stedet for rensing etter behov og for spisslastene.



Figur 9 – Forbruksmønster

Figur 9 viser forventet forbruksmønsteret ved 0,3 m³/ m²*år for Construction City med timesforbruket oppgitt i m³. Med antagelsen om at toalettbruk står for 40% av forbruket vil forbruksmønsteret se ut som i Figur 10. Hvordan det faktiske forbruket vil se ut kan man ikke vite før man får individuelle vannmålere til toaletter, eller har toalettene på et eget system med egen måler.



Figur 10 - Forbruksmønster toalett

Vannforbruk

Tabell 18 viser det totale forbruket per midlere døgn, timesforbruk og i liter per sekund. Maksimum og minimum-døgnfaktor er resultat av Q_{maks}/Q_{mid} og Q_{min}/Q_{mid} , mens maksimum

og minimumtimesforbruk er et resultat av K_{maks}/K_{mid} og K_{min}/K_{mid} . $F_{maks} = 1,67$ og $F_{min} = 0,67$, $K_{maks} = 1,67$ og $K_{min} = 0,4$.

I figurene som viser forbruksmønster ser vi at det er betydelig forbruk i omtrent 16 timer hver dag. Q_{maks} og Q_{min} blir derfor:

Likning 5 - Maks forbruk i årets mest-forbrukende time

$$Q_{maks} = \frac{53.739 \text{ l/d} * 1,67 * 1,67}{16 * 60 * 60} = 2,6 \text{ l/s}$$

Likning 6 - Minimalt vannforbruk i årets minst forbrukende time

$$Q_{min} = \frac{53.739 \text{ l/d} * 0,67 * 0,4}{16 * 60 * 60} = 0,25 \text{ l/s}$$

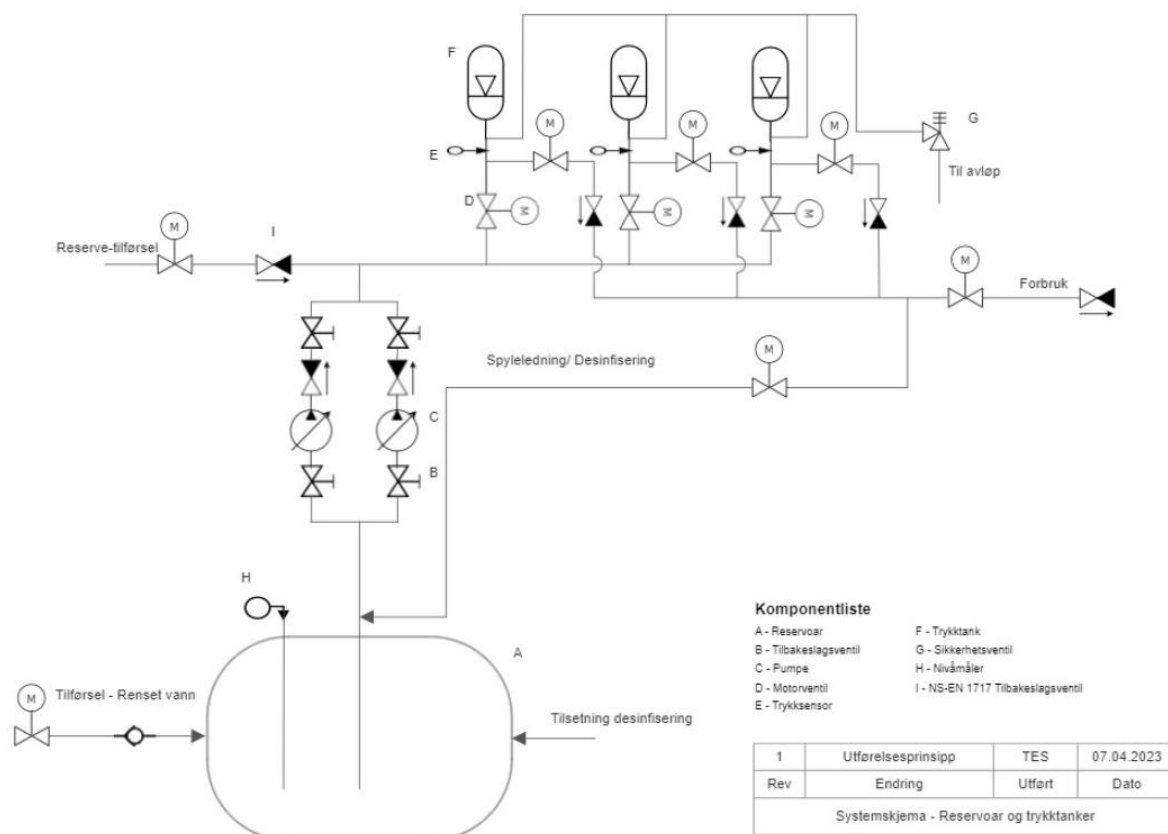
Som Figur 10 og utregninger viser, så varierer timesforbruket. Det må derfor magasineres rensert vann for å unngå vannmangel i perioder med høyt forbruk. Det magasinerte vannet burde være fordelt over flere tanker, og det totale volumet bør være stort nok til å ta spissbelastningene. Det største forbruket er mellom 12:00 og 14:00.

For å beregne utjevningmagasin benyttes følgende: $M_u = 0,25 * Q_{dmaks} = 0,25 * (53,7m^3 * 1,67 * 1,67 = 37,5m^3$.

Volumet er fordelt på 4 tanker der tre av dem er 2.000 liters trykktanker som skal distribuere vannet fram til toalettene. Resterende volum vil være i magasin på $31,5m^3$.

Som vist i Figur 10 vil det på det meste være et forbruk på $7 m^3/h$. Trykktankene rommer 2.000l. Pumpene leverer 1,5 - 3 l/s for å levere tilstrekkelig vannmengde til trykktankene. Pumpene veksler på drift slik at det blir jevn slitasje. Når en trykktank er fylt vil trykksensor sende stengesignal til motorventilen, og neste tank kan fylles. Når alle tankene er fylt vil pumpene stenges av. En og en trykktank leverer vann til forbruksnett, og når trykket er lavt vil motorventilen til neste trykktank åpne. Det er flere tilbakeslagsventiler på anlegget som skal hindre smitte av vann på tvers i systemet. Den viktigste tilbakeslagsventilen er plassert ved reservetilførselen. Dette må være et NS-EN1717 klasse 4 eller 5 ventil. Denne typen er lovpålagt å bruke som portvakt for krysskontaminering fra systemer som kan inneholde giftstoffer til drikkevannsforsyningsnett. Dersom lokale eller nasjonale myndigheter klassifiserer det rensede gråvannet som avløpsvann vil det være behov for klasse 5, men om vannet anses som rent for tarmbakterier kan det klassifiseres som klasse 4.

Fordelen med denne oppbygningen er at man vil redusere antall rørføringer og påkoblinger sammenliknet med et to-rørsystem. Vanntilførsel er sikret ved at hovedledningen er koblet opp mot systemet med NS-EN1717 ventil



Figur 11 - Prinsippskisse for distribusjon av rensert vann

Om hvert toalett forbruker 5 liter vann per spyling betyr dette at det vil være 7.160-17.920 toalettbesøk i løpet av én arbeidsdag.

Tabell 18 - Akkumulert forbruk og timesforbruk

Klokkeslett	Forbruk [m ³]	Forbruk [l/s]	Forbruk %	Totalt forbruk	Totalt forbruk %
02:00	0,17	0,023	0,3 %	0,2	0,3 %
04:00	0,05	0,007	0,1 %	0,2	0,4 %
06:00	0,12	0,016	0,2 %	0,3	0,6 %
08:00	0,86	0,120	1,6 %	1,2	2,2 %
10:00	5,75	0,799	10,7 %	6,9	12,9 %
12:00	10,73	1,490	20,0 %	17,7	32,9 %
14:00	13,27	1,843	24,7 %	30,9	57,6 %
16:00	8,42	1,170	15,7 %	39,4	73,3 %
18:00	8,40	1,166	15,6 %	47,8	88,9 %

20:00	4,33	0,601	8,1 %	52,1	96,9 %
22:00	1,22	0,170	2,3 %	53,3	99,2 %
00:00	0,43	0,059	0,8 %	53,7	100,0 %
Sum	53,7				

3.3 Beregning av nedbør og fordrøyingsmagasin

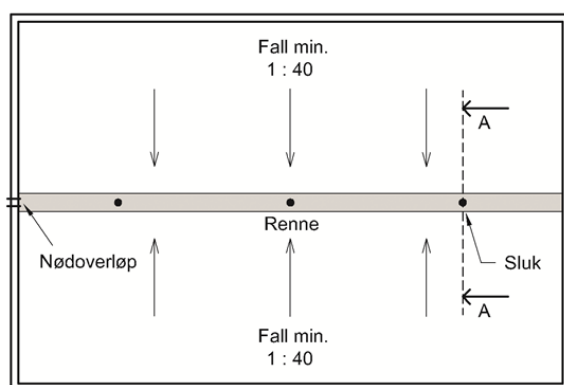
Årsnedbøren for Oslo er imellom 750 og 850 mm. De månedene med mest nedbør er i sommerhalvåret, og det er også i denne perioden at man kan anvende nedbøren til spyling og vanning. Nedbørsnormalen har maks nedbør i august på 103mm (NKSS, 2023).

Tabell 19 - Beregning av avrenning fra tak

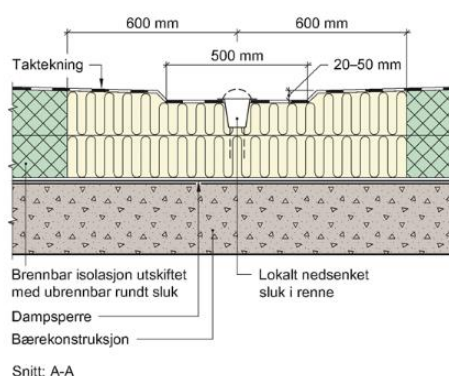
	Areal [m ²]	Nedbør, maks [mm]	Magasinert volum [m ³]	Fordrøyning [h]	Avrenning [l/s]
Blått tak	4 400	100	440	24	5,1
Blågrønt tak	2 300	100	200	24	2,7
Grått tak	2 300	0	0	0	36,4* og 5,7**

Tabell 19 viser dimensjonerende avrenning fra takflatene. De blå og blågrønne takflatene er utformet for å la vannet renne fra taket i løpet av 24 timer, mens det tradisjonelle flate taket er designet for å fjerne vannet så for som mulig. Den forenklete dimensjoneringen bruker gjentakelsesintervall 5 år og regnintensitet 176 l/s ha*, 27,4 l/s ha** og avrenningsfaktor 0,9. Den store vannmengden må fordrøyes i nedgravde fordrøyingsbasseng og konstruerte våtmarker for deretter å gjenbrukes eller slippes på kommunalt nett.

To mm nedbør tilsvarer 4,6m³ overvann på takflaten, og på grunn av virkemåten til et UV-takavvanningssystem må det akkumuleres nedbør rundt sluket for å oppnå heverteffekten. For sluk fra produsenten Blücher må det være ca 12mm overvann akkumuleres rundt sluket for å oppnå full heverteffekt, og hvert sluk med diameter Ø75 vil ha da en kapasitet på ca 19l/s. Full dekning av sluk oppnås ved å tilfredsstille anbefalte fallforhold på tak som er 1:40 på takflater og 1:60 i renner.



Plan



Figur 12 - Illustrasjon av fallretning på flate tak (Byggforsk, 2018)

I Oslo Kommunes veileder er det oppgitt grenseverdier for hvor store vannmengder som tillates til kommunalt nett fra bygg. Maksimalt tillatt påslipp er 3,5 l/s per dekar for tiltaksareale inntil 5 dekar, og 2 l/s per dekar over 5 dekar for tiltaksområde større en 5 dekar.

Følgende formel må da brukes for å regne ut tillatt påslipp dersom $A_{total} > 5\ 000\text{m}^2$ $Q_{maks} = Q_2 * (A_2 - A_1) + Q_1 * A_1$, eller $A_{total} \leq 5\ 000$ $Q_{maks} = Q_1 * A_{total}$

Tabell 20 - Beregning av påslipp av overvann til kommunal ledning

	Enhet	Eks 1	Eks 2	CC
A_{total}	m ²	4 000	14 000	15 000
A_1	m ²	4 000	5 000	5 000
A_2	m ²		9 000	10 000
Q_1	l/s	3,5	3,5	3,5
Q_2	l/s	2	2	2
Q_{maks}	l/s	14	35,5	37,5

Ifølge byggesaksdokumenter og tiltakets rammetillatelse vil tiltaket kunne slippe 23,5 l/s på kommunalt nett(PBE, 2021).

Det er altså mulighet for påslipp til kommunal ledning, men ideelt sett skal overvann håndteres lokalt. Overvann fra tak og overvann fra bakkeplan kan ha forskjellige kvalitet, der overvann fra bakkeplan kan inneholde mengder med salt og skitt fra strøing av vei og svevestøv fra nærliggende veier.

For en nedbørintensitet på 10 mm over 10 minutter fordelt på 15 000m² betyr dette en akkumulert vannmengde på 150m³. De grønne og blågrønne takene er dimensjonerte for magasinering av nedbøren, og det vil gradvis renne til fordrøyingsmagasin. De ikke permeable flatene vil ha avrenning direkte til fordrøyingsmagasin og videre til kommunalt nett.

For å beregne fordrøyingsmagasin kan man bruke Norsk Vann sin metode:

Likning 7 - Beregning av fordrøyingsmagasin

$$V = A * \varphi * I * K_f * t - Q_{maks} * F * t$$

Tabell 21 - Tegnforklaring for Likning 7

	Enhet	Beskrivelse
V	m ³	Beregnet magasinkapasitet
A	m ²	Det totale arealet til tiltaksområdet
$\Phi_{midlere}$	-	Midlereavrenningskoeffisient for tiltaksområdet
I	m/s	Nedbørsintensitet
K _f	-	Klimafaktor
t	min	Nedbørets varighet
Q _{maks}	m ³ /s	Maksimalt utløp fra magasinet
F	-	Reduksjonsfaktor for Q _{maks} . Norsk Vann bruker 0,7

Fra Norsk klima Servicesenter kan man hente nedbørintensitets-verdier i mm og l/s*ha. For å bruke l/s* ha i formelen må man regne om areal, tid og utløpsverdien til henholdsvis hektar, sekund og l/s, samt dele den totale summen på 1000. Dette er utført i Tabell 20, og man ser hvordan magasinkapasitetsbehovet varierer avhengig av nedbørintensiteten og tillatt utslipp. For å tilfredsstille de kommunale kravene må det kunne magasineres 351m³ nedbør på eiendommen i åpne fordrøyingsmagasiner.

Tabell 22 - Beregning av fordrøyingsmagasin

Varighet (min)	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
I [l/s*ha]	176	141	123	95	73	60	45	37	27	17	10	6
I [mm]	10,6	12,7	14,7	17	19,6	21,6	24,1	26,2	29,6	35,6	41,8	49,8
I*K _f [l/s*ha]	246	197	172	133	102	84	62	51	38	22	13	8
V _{inn}	188	227	263	304	350	385	430	469	528	591	695	831
V _{ut}	10	15	20	30	44	59	89	118	178	355	711	1421
Magasinkapasitet	179	212	143	275	306	326	341	351	351	235	-16	-591

Beskrivelse 6 - Informasjon i tabellen er hentet fra Norsk Klima Servicesenters nettsider. Den aktuelle dataen gjelder for målestasjon SN18701 på Blindern i Oslo, og er data for varighet fra 10-1 440 minutters varighet for gjentakelsesintervall 5 år.

Opplysninger fra utbygger er at det skal graves ned to store magasiner på 270 m³ hver i tillegg til åpne magasiner på bakkeplan og grønne og blåe tak. Den totale magasineringskapasiteten vil være minimum 540 m³ ekskludert konstruerte våtmarker, blå

og grønne tak. De blåe takflatene skal kunne magasinere inntil 100mm nedbør. Dette vil kun skje ved 100 og 200-års gjentakelsesintervall.

Ifølge nedbørsnormalen får man ca 750mm nedbør i Oslo i et normalår. Hvor mye som forsvinner til fordampning er avhengig av vær og vind, og det foreligger ingen fordampingsnormal. Om man antar at 50% av nedbøren fordampes vil man i et normalår ha 375mm nedbør tilgjengelig til utjevning fra takflatene. Dette tilsvarer 3.375m³ per år, eller ca 9m³ per dag.

Uregelmessig nedbørsmengder og nedbørsfrekvens tilsier at man må ha store magasiner for å kunne ta unna og spare på nedbøren slik at det i perioder med tørke og vanningsforbud kan benyttes som kilde til vanning av grøntområder. Dette forutsetter at nedbøren lagres i magasinene og ikke slippes ut på kommunalt nett.

3.4 Risikovurdering – SSP og MBA

Sanitation Safety Planning

Modul 1: Hvor er det behov for SSP? Hvem skal involveres og hva er deres rolle

Det er behov for SSP når det planlegges gjenbruk av avløpsvann. På grunn av avløpsvannets sammensetning må det gjøres grundig prosjektering av renseprosessen og fordelingsnettene til bygget for å hindre krysskontaminering og smitteutbrudd.

Interessentene er lokale myndigheter som eier vanntilførselen og avløpsledningene som er koblet til bygget, eierne av bygget som skal prosjektere, bygge og drifte bygget samt de ansatte og leietakerne som er brukerne av bygget. I tillegg kan lokale og nasjonale helsemyndigheter ha interesse av prosjektet da de har et overordnet ansvar for folkehelsen.

For netteier er det viktig at det ikke skjer krysskontaminering fra det rensede avløpsvannet til det rene drikkevannet som kommunen leverer. Det må være tilstrekkelige rensetrinn som fjerner patogener og andre urenheter i vannet som kan smitte iver. Det må også installeres mekaniske barrierer i form av tilbakeslagsventiler med rett klassifisering.

Eieren har interesse i at anlegget er driftssikkert og billig, men produserer rent nok vann til at smitteutbrudd eller mekanisk svikt i røranlegg og sanitærutstyr unngås. Det må være en økonomisk risikofri investering som kan gi avkastning.

Brukere av sanitæranlegg må oppleve at det er trygt og funksjonelt.

Lokale og nasjonale helsemyndigheters interesse henger sammen med folkehelsen og at det ikke skal være farlig for forbrukere og samfunnet for øvrig.

Modul 2: Beskriv sanitæranlegget i dets funksjoner og utforming. Hvordan er risikogruppen?

Figur 11 viser en mulig løsning for distribusjon av rensede vann. Vannet pumpes fra magasin og fordeles over flere trykktanker for å kunne ivareta at magasinering og forbruk av vann vil måtte pågå samtidig.

Modul 3: Identifiser risiko. Hva kan gå galt? Hvilke tiltak eksisterer og er de effektive?

Den største konsekvensen vil skje om det rensede vannet ikke blir rensede tilstrekkelig og barrierene som er satt i systemet ikke fungerer. Dersom tilbakeslagsventilen som er koblet til

nett vannet er klasse 5 vil det ikke være mulighet for krysskontaminering da ventilen er en tank med pumpe og brutt linje mellom tilførsel og vannspeil.

Det er også en mulighet for smitte gjennom aerosoler fra toalettspyling eller vannspredere. Det kan installeres toalettsisterner der spyleknappen er installert i en lav høyde som krever at toalettsetet må legges ned for å kunne gjennomføre spyling. For å unngå spredning av aerosoler fra vanning kan all vanning foregå ved dryppvanning i stedet for vannspredere.

I utgangspunktet skal det være tilstrekkelige barrierer i renseanlegget for å oppnå en god vannkvalitet som ivaretar folkehelsen og sanitæranleggets levetid.

Modul 4: Hva kan forbedres og hvordan?

Det kan gjennomføres flere rensetrinn, men dersom renseanlegget og renseprosessen blir for kostbar vil det ikke være lønnsomt å installere denne typen anlegg.

Modul 5: Overvåk og kontroller. Verifiser funksjonalitet og ytelse.

For å ha kontroll på renseprosess og vannkvalitet må det gjennomføres utstrakt testing av vannkvaliteten. Anlegget må ha kompetent og dedikert driftspersonell, serviceavtaler og erfaringsoverføring.

Modul 6: Videreutvikling og oppdatering av systemet

Etter hvert som systemet, mengder og mønster blir tydeligere kan man justere anlegget. Det kan være at vannprisene utvikler seg ytterligere, ny teknologi innen rensing og videre foredling av slam kan være insentiver for å videreutvikle og utvide prosessen eller selge slam i stedet for å måtte betale for deponering av slam.

Mikrobiell barriere analyse

Nødvendig barrierehøyde

Basert på Tabell 13 vil vannkvaliteten settes til kategori Cc med barrierehøyde **5,0b + 5,0v + 3,5p** eller Dc med barrierehøyde **5,5b + 5,5v + 4,5p**. Vannkilden er avløpsvann og får derfor den høyeste barrieren.

For å avgjøre nødvendige rensetrinn anvendes mikrobiell barriereanalyse og summen av de forskjellige tiltakenes Log-reduksjon,

Tabell 23 - Log-kreditt for nye, forbedrede tiltak for overvåking av råvannskvalitet (Ødegaard et al., 2014b)

Kategori av tiltak	Barrieretiltak	Log-kreditt
Øket prøvetakings frekvens	Innføring av utvidet mikrobiell analyse i råvann <ul style="list-style-type: none"> • minst som angitt for risikobasert prøveprogram • minst som angitt for nettkontroll 	0,50b + 0,50v + 0,25p 0,25b + 0,25v + 0,15 p
On-line måling av råvannskvalitet	Innføring av on-line måling av råvannskvalitet (turbiditet, mikrobiell aktivitet eller andre parametere som er egnet til å overvåke mikrobiell kvalitet på råvannet) for, ved overskridelse av grenseverdi (set-punkt), være i stand til å: <ul style="list-style-type: none"> • automatisk stenge av råvannstilførsel • manuelt stenge av råvannstilførsel • bytte vannkilde 	0,50b + 0,50v + 0,25p 0,25b + 0,25v + 0,15p 0,25b + 0,25v + 0,15p
Absolutt maksimal summert log-kreditt for nye tiltak knyttet til overvåking av råvannskvalitet 0,75b + 0,75v + 0,50p		

Tabell 24 - Bestemmelse av Log-kreditt for partikkelseparasjon i vannbehandlingsanlegg (Ødegaard et al., 2014b)

Vannbehandlingsmetode	Log-kreditt
Hurtigsandfiltrering uten koagulering (filterhastighet < 7,5 m/h) ¹⁾	0,5b + 0,25v + 0,5p
Membran (MF) filtrering ²⁾	2,0b + 1,0v + 2,0p
Membran (UF) filtrering ³⁾	2,5b + 2,0v + 2,5p
Membran (NF) filtrering ⁴⁾	3,0b + 3,0v + 3,0p
Langsomsandfiltrering (filterhastighet < 0,5 m/h)	2,0b + 2,0v + 2,0p
Koagulering/direktefiltrering (mediafilter) ⁵⁾	2,25b + 1,5v + 2,25p
Koagulering/direktefiltrering (mediafilter) ⁶⁾	2,5b + 2,0v + 2,5p
Koagulering + sedimentering (evt. flotasjon) + filtrering ⁵⁾	2,5b + 1,75v + 2,5p
Koagulering + sedimentering (evt. flotasjon) + filtrering ⁶⁾	2,75b + 2,25v + 2,75p
Koagulering/membran (MF) filtrering ⁶⁾	3,0b + 2,5v + 3,0p
Koagulering/membran (UF) filtrering ⁶⁾	3,0b + 3,0v + 3,0p

Tabell 25 - Maksimal log-reduksjon for UV anlegg godkjent ved angitt UV-dose (Ødegaard et al., 2014b)

Biodosimetrisk UV-dose	Virus ekskl. Adenovirus	Virus basert på Adenovirus
40 mJ/cm ²	4,0b + 3,5v + 4,0p	4,0b + 1,25v + 4,0p
30 mJ/cm ²	3,5b + 3,0v + 3,5p	3,5b + 1,0v + 3,5p
25 mJ/cm ²	3,0b + 2,5v + 3,0p	3,0b + 0,75v + 3,0p

Barrierer i vannkilde

I og med kilden er avløpsvann og det sannsynligvis vil bli tilført kolliformebakterier og patogener burde det gjennomføres tiltak for kontinuerlig overvåking på flere plasser i anlegget for å vurdere renseprosessen og kunne tilføre reservevann etter behov.

Partikkelseparasjonsbarrierer

For partikkelseparasjon kan man bruke flere forskjellige typer filtre eller kjemiske prosesser som koagulering. Det er også mulig å bruke biologiske prosesser, men dette er mer tidkrevende enn en kjemisk prosess.

Ved bruk av membranfiltrering er det viktig at vannet er filtrert i forkant for å minimere fouling. Det er også viktig at det er installert flere moduler, slik at vannrensingen ikke stopper selv om det pågår service eller lignende.

Desinfeksjon

For desinfeksjon av patogener er UV-bestråling den mest effektive og plasseffektive metoden. Som sekundærdesinfeksjon kan man tilsette kloramin. Kloramin vil også virke hemmende på oppblomstring av mikrobiell vekst om rensetrinnene ikke fjerner nok partikler.

Utrekning av barrieretiltak

I tabellene under er det 3 forskjellige alternativer til mikrobielle barrierer. Alle alternativene gir tilstrekkelig barriere, der barrierene mot virus kommer dårligst ut. Koagulering og flokkuleringstrinnet med sedimentering og påfølgende filtrering kommer best ut. Dersom man velger denne metoden vil man få et avansert anlegg som leverer god vannkvalitet. Ulempen med denne type anlegg er bruken av kjemikalier og påvirkningen kjemikaliene har på slammet som produseres. De tilsatte kjemikaliene er forbundet til slammet, så en videre foredling for gjenvinning av fosfor vil ikke være mulig. Bruk av kjemikalier er også kostnadsdrivende.

Rensetrinnene kan utarbeides ut ifra barrierehøyden i Tabell 26. Det er i utgangspunktet tilstrekkelig med tiltak for å oppnå en god Log-reduksjon, og med installasjon av trykksil før membranfilter vil man kunne fjerne partikler under 0,1-0,01 mm og kloramindosering i akkumuleringstanker etter rensing vil hindre mikrobiell vekst.. Kvaliteten på gråvannet vil være avgjørende på trykksilens effektivitet og driftstid. Mikrofilteret vil fjerne kolloidale partikler inntil 0,1µm. Virus vil bli inaktivert ved hjelp av UV-bestråling.

Tabell 26 - Membran MF - 5,5b + 5,5v + 4,5p

Barrieretiltak			
B	V	P	
5,5	5,5	4,5	Barrierehøyde
-0,75	-0,75	-0,5	Overvåking, forskrift og reservkilde
-0,5	-0,25	-0,5	Hurtigsandfiltrering uten koagulering (filterhastighet < 7,5 m/h)
-2,0	-1,0	-2,0	Membranfiltrering (MF)
-4,0	-3,5	-4,0	UV 40 MJ/cm ²
-1,8	-0,0	-2,5	

Tabell 27 - Membranfiltrering UF - 5,5b + 5,5v + 4,5p

Barrieretiltak			
B	V	P	
5,5	5,5	4,5	Barrierehøyde
-0,75	-0,75	-0,5	Overvåking, forskrift og reservkilde
-0,5	-0,25	-0,5	Hurtigsandfiltrering uten koagulering (filterhastighet < 7,5 m/h)
-2,5	-2,0	-2,5	Membranfiltrering (UF)
-4,0	-3,5	-4,0	UV 40 MJ/cm ²
-2,3	-1,0	-3,0	

Tabell 28 - Koagulering og flokkuleringsanlegg - 5,5b + 5,5v + 4,5p

Barrieretiltak			
B	V	P	
5,0	5,0	3,5	Barrierehøyde
-0,75	-0,75	-0,5	Overvåking, forskrift og reservekilde
-0,5	-0,25	-0,5	Hurtigsandfiltrering uten koagulering (filterhastighet < 7,5 m/h)
-2,0	-1,0	-2,0	Koagulering + sedimentering + filtrering
-4,0	-3,5	-4,0	UV 40 MJ/cm ²
-2.3	-1.3	-3.0	

3.5 Vannrensing

Primærrensing gjennomføres med trykksil. Trykksilenes poreåpning vil være på maks 800µm. Det vil være to trykksiler koblet parallelt for å ivareta kontinuerlig produksjon. Poreåpning på trykksiler kan være fra 800-10µm. For å oppnå best mulig kvalitet før sekundærrensing bør porestørrelsen være så liten som mulig.

Sekundærrensing gjennomføres med membranfilter. Om Ultrafiltrering eller Nanofiltrering anvendes vil man kunne fjerne alle kolloide. På tross av dette vil det være behov for desinfeksjon. Om man kun bruker rensing gjennom sil og membranfiltrering vil anlegget måtte rengjøres oftere enn om det er et ekstra rensetrinn som koagulering og sedimentering i forkant.

Rensing gjennomført med koagulering, sedimentering og filtrering vil også gjøre vannet rent, men tilsetning av kjemikalier gjør at slammet ikke er like anvendelig om man ønsker å foredle slammet.

Desinfeksjon gjennomføres med UV-bestråling på 40MJ/cm² og dosering av kloramin i akkumuleringstanker for å hindre oppblomstring av mikrobiologi.

3.6 Kostnader og nåverdi

Tabell 29 viser et prisestimat basert på opplysninger innhentet fra noen leverandører. Det vil sannsynligvis være flere store utgifter til magasiner, grunnarbeider, støp og konstruksjon mm. De faktiske prisene på ventiler, rør, pumper etc varierer også stort fra entreprenør til entreprenør.

Tabell 29 - Prisestimat renseanlegg og noen viktige komponenter

Produkt	Antall	Pris
Actiflo Mini Pack	1	1 500 000,-
SGP Reflex DE 3000	3	300 000,-
Grundfos CR 10-22	2	140 000,-
Motorventiler	10	50 000,-
NS1717-tilbakelsagsventil	1	10 000,-
Andre ventiler	8	20 000,-
Vannledninger	500	500 000,-
Avløpsledninger	500	500 000,-
SD-anlegg	1	300 000,-
SUM		3 320 000,-

For å bestemme om en investering er god må forskjellige alternativer med utgifter og diskonteringsrenter vurderes.

Ved høy diskonteringsrente betyr det at driftseier skal ha avkastning på investeringen, mens en lav diskonteringsrente er ment som en risikofaktor ved investeringen.

Som det fremkommer av beregningen og de forutsetningene som er lagt til grunn, så vil det være en god investering om vedlikeholdskostnadene holdes nede, og om det ikke er et direkte krav til at anlegget skal ha inntjening. Dersom vannforbruket er høyt vil det være en potensielt årlig besparelse i kommunale kostnader på rundt 800 000,-.

Tabell 30 viser nåverdiberegning av investeringen. Ved høy vedlikeholdskostnad og høyt avkastningskrav vil det ikke være lønnsomt ved et anleggsbudsjett på 5.500.000,-. Ved lave vedlikeholdskostnad og lav risikosats vil det være lønnsomt ved et anleggsbudsjett på 5.500.000,-, og muligheten til at anlegget tjenes inn i løpet av 25 år er til stede. Dess lavere vedlikeholdet er og jo mer kommunale avgifter stiger i pris, jo mer lønner det seg å investere. Alternativ 4 viser en netto nåverdi på 8.8mnok.

Tabell 30 - Nåverdiberegning av investeringsbudsjett over 25 år (2026-2050)

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Innvesteringskostnad	5 500 000,-	5 500 000,-	5 500 000,-	5 500 000,-
Diskonteringsrente	15%	15%	5%	5%
Drift og vedlikehold	600 000,-	70 000,-	600 000,-	70 000,-
Nåverdi av investering	2 412 876,-	5 838 875,-	6 808 605,-	14 278 396,-
Netto nåverdi av investering	-3 087 124,-	338 875,-	1 308 605,-	8 778 396,-

4 Konklusjon, diskusjon og videre arbeider

FNs bærekraftsmål 6, Rent vann og gode sanitærforhold, er en viktig global målsetning. I Norge har 99,2% av befolkningen tilgang på rent drikkevann av tilfredsstillende kvalitet fra kommunale nettverk. Det største problemet i Norge er forfall av kommunale vann- og avløpsrør, hvor det er et stort vedlikeholdsetterslep. Det forventes at over 300 milliarder kroner vil måtte brukes til utskifting og vedlikehold de neste 20 årene, og kommunene vil måtte ta opp store lån for å utføre dette arbeidet. Som rentene øker, øker også de kommunale utgiftene og da også de kommunale avgiftene. Oslo har lagt frem et budsjettforslag som innebærer at kommunale vann- og avløpsgebyrer vil øke med 60% innen 2026.

Den forventede prisstigningen betyr at selv om det ikke er nasjonale krav til at eiendomsutviklere må tenke nytt på hvordan vann og avløp forvaltes, så er det et insentiv i form av økonomisk gevinst og store besparelser. Som vist i beregningene så er besparelsen avhengig av investeringskostnad, vedlikeholdskostnad og forventet vannforbruk. Et bygg med få ansatte eller et lite borettslag vil ha et for lavt vannforbruk til at et så omfattende tiltak som lokal rensing og gjenbruk kan karakteriseres som en god investering.

Beregningene viser at næringsbyggene som det er samlet inn data på har for lavt forbruk til at investeringen vil kunne tjenes inn. I vurderingen av Construction City, så er det forventede volumet stort og antall arbeidsplasser så høyt at investeringen kan lønne seg, selv med høyt avkastningskrav fra eiendomsforvalter. Beregningene er antakelser og for å kunne vurdere kostnadene av et slikt anlegg kreves det innhenting av priser fra flere forskjellige bransjer. Det er en enormt ressurskrevende jobb, og med min kjennskap til VVS-bransjen vet jeg at priser fra leverandører kan sprike stort.

Overvann som kilde er en uforutsigbar faktor. Perioder med tørke og ustabil nedbørsfrekvens gjør at man ikke bør belage seg på nedbør som en vannkilde, men heller magasinere den nedbøren som faller og bruke den etter behov. For CC som har et stort tiltaksområde er det kommunale krav om å dokumentere hvordan regn med 5-årgjentakelsesintervall håndteres i åpne fordrøingsmagasiner. Som vist i Tabell 22 er det behov for et magasinivolum på 351m³ for å tilfredsstillere kommunens krav. Utbygger har opplyst om at det vil bli installert nedgravde magasiner i form av to fordrøingsmagasiner på 86xØ2 m (LxD) som tilsvarer 2x270m³ med en samlet kapasitet på 540m³. Bruksområdet til de to magasinene er for dumping av varme i forbindelse med nedkjøling av bygget i tillegg til fordrøying. Det er derfor uklart om noe av dette vannet kunne blitt brukt til gjenbruk eller om nødvendigheten av fulle magasiner til kjøling har et bedre kostnadsbilde.

Det er lite litteraturkilder på vannforbruk i næringsbygg, og det som er tilgjengelig som «Water Supply»/ «Vann og avløpsteknikk» og Nemitek sin «Rørhandboka» varierer stort. Water supply som ble utgitt for første gang i 1963 virker å være svært utdatert i med et anslag på 65 l/d per ansatt, mens Rørhåndboka har et stort sprang fra 0,2 - 0,5 m³/ m²*år. Målinger utført i fra mars 22 til mars 23 i Ulvenveien 82E og vannforbruk fra 4 forskjellige lokasjoner formidlet av OBOS, viser et vannforbruk på 0,25-0,4 m³/ m²*år i de byggene som har god dekningsgrad.

I de fleste kommuner er det krav til måling av vannforbruk i næringsbygg. Det burde derfor være mulig å samle inn større mengder med forbruksdata slik at normene kan oppdateres med nye tall. Erfaringen fra arbeidene med oppgaven viser at man kan få tak i denne informasjonen om man spør, og nye bygg har flere og bedre vannmålere som er koblet opp mot SD-anlegg slik at dataen er lett tilgjengelig for de som eier og drifter bygget.

De forskjellige kildene for gråvannskvalitet varierer i verdiene som oppgis og det svinger fra 89 - 876 mg/ l. Det foreligger ikke data for gråvannskvaliteten til næringsbygg. For å redusere slitasjen på komponenter, rør og ventiler burde vannet være uten partikler, smuss og fett.

Det er ingen krav til vannkvalitet på vann som skal brukes til dette formålet. WHO har retningslinjer for vann som skal renses og brukes til landbruket, og sanitation safety planning-prosedyren som kan brukes som verktøy. Det er derfor «enkelt» å gjennomføre renseprosesser som renses vannet så godt at det til sist kan karakteriseres som drikkevannskvalitet, men som sannsynligvis ingen vil drikke om man kjenner til vannets kilde.

I renseprosessen vil man produsere slam, og som videre forskning kan man se på muligheten for å gå «off grid», og foredle slam fra vannrenseanlegget og svartvannet. Fosfor er spådd å bli en mangelvare i verden og behovet for fosfor i produksjon av gjødsel er økende (Spilde, 2020). Fosfor er ikke en fornybar ressurs, og store mengder fosfor forsvinner med regnvann fra landbruk eller fra avløpsrenseanlegg langs norskekysten. I renseprosessen vil man få ut store mengder med fosfor. For å kunne utnytte denne fosforen kan man ikke bruke kjemiske renseprosesser der man bruker jern eller aluminiumsalter. Dersom man unngår å bruke de to tilsetningsstoffene vil man få store mengder med partikulært bundet fosfor til slammet, og man kan i foredlingsprosessen danne struvitt, som videre kan brukes til produksjon av kunstgjødsel.

5. Kilder

- Aithinne, K. A. N., Cooper, C. W., Lynch, R. A. & Johnson, D. L. (2019). Toilet plume aerosol generation rate and environmental contamination following bowl water inoculation with *Clostridium difficile* spores. *Am J Infect Control*, 47 (5): 515-520. doi: 10.1016/j.ajic.2018.11.009.
- Allen, R. G. (1998). *Crop evapotranspiration : guidelines for computing crop water requirements*. FAO irrigation and drainage paper, b. 56. Rome: FAO.
- Best, E. L., Sandoe, J. A. T. & Wilcox, M. H. (2012). Potential for aerosolization of *Clostridium difficile* after flushing toilets: the role of toilet lids in reducing environmental contamination risk. *J Hosp Infect*, 80 (1): 1-5. doi: 10.1016/j.jhin.2011.08.010.
- Byggforsk, S. (2018). *Kompakte tak*.
- Bystyret, O. K. (2021). *Budsjett 2023 og økonomiplan 2023-2026*.
- Drabløs, Ø. T. (2022). Oslo kommune ber innbyggerne spare på vannet for å unngå vannmangel. *Aftenposten*. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/oslo/i/Bjngj9/oslo-kommune-ber-innbyggerne-spare-paa-vannet-for-aa-unngaa-vannmangel>.
- Edwin, G. A., Gopalsamy, P. & Muthu, N. (2014). Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review. *Applied water science*, 4 (1): 39-49. doi: 10.1007/s13201-013-0128-8.
- FHI. (2010). *Legionellose - veileder for helsepersonell*. Folkehelseinstituttet.
- FN-sambandet. *Informasjon om Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Land/norge>.
- FN-Sambandet. (2015). *FNs Bærekraftsmål: FN*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>.
- Forsvarsbygg. (2003). *Vann, avløp og sanitær*.
- Ghimire, S. R., Johnston, J. M., Ingwersen, W. W. & Sojka, S. (2017). Life cycle assessment of a commercial rainwater harvesting system compared with a municipal water supply system. *J Clean Prod*, 151 (C): 74-86. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.025.
- Hendriks, M. R. (2010). *Introduction to physical hydrology*. Oxford: Oxford University Press.
- Jon Bolstad, S. M. D. (2021). Over 2000 personer vart sjuke av drikkevannet – no får kommunen millionbot. *NRK Vestland, Nettavis*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/vestland/millionbot-til-askoy-etter-vasskandalen-i-2019-1.15546375>.
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D. & Kärrman, E. (2005). *Composition of Urine, Faeces, Greywater and Biowaste for Utilisation in the URWARE Model*.
- Knowlton, S. D., Boles, C. L., Perencevich, E. N., Diekema, D. J. & Nonnenmann, M. W. (2018). Bioaerosol concentrations generated from toilet flushing in a hospital-based patient care setting. *Antimicrob Resist Infect Control*, 7 (1): 16-16. doi: 10.1186/s13756-018-0301-9.
- Laura, A. S. & Bernd, G. (2017). Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge-Towards a water reuse regulatory instrument at EU level R□ition.
- Le-Tiary, E. (2016). *Renseffektivitet og hygieniseringsforhold i et gråvannrensaneanlegg*. Purifying Efficiency and Hygienisation Conditions in a Grey Water Treatment Plant: Norwegian University of Life Sciences, Ås.

- Mays, L. W. (2001). *Stormwater collection systems design handbook*. McGraw-Hill handbooks. New York: McGraw-Hill.
- Meteorologisk Institutt, M. (2022). *Norges nye klima*. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/norges-nye-klima>.
- NemiTek. (2021). *Rørhåndboka*. Tilgjengelig fra: <https://rhb.nemitek.no/kapittel-31004-rorhandboka-pluss-ny-utgave-2021-sanitaerinstallasjoner/vannforbruk/161007>.
- NKSS. (2023). *Observasjoner og værstatistikk*. Tilgjengelig fra: <https://seklima.met.no/observations/>.
- omsorgsdepartementet, H.-o. (2003). *Forskrift om miljørettet helsevern*.
- omsorgsdepartementet, H.-o. (2017). *Forskrift om vannforsyning og drikkevann*.
- PBE, O. K. (2021). *Rammetillatelse - Persveien 2-4 og Ulvenveien 91 - Construction City*. bygningsetaten, P. o. Saksinnsyn
- Pepper, I. L. & Gerba, C. P. (2018). Risk of infection from Legionella associated with spray irrigation of reclaimed water. *Water Res*, 139: 101-107. doi: 10.1016/j.watres.2018.04.001.
- Pettrém, M. T. (2022). Vannmangel i Oslo: Har skrudd av fontener og toner ned vårvasken. *Aftenposten*. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/oslo/i/5GdWGW/vannmangel-i-oslo-har-skrudd-av-fontener-og-toner-ned-vaarvasken>.
- Sintef. (2021). A-infrastrukturen utgått på dato: Må oppgraderes for enorme beløp. *Sintef.no*.
- Spilde, I. (2020). *Verdens matproduksjon er avhengig av fosfor. Er vi i ferd med å gå tom?:* Forskning.no. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/landbruk/verdens-matproduksjon-er-avhengig-av-fosfor-er-vi-i-ferd-med-a-ga-tom-/1655270>.
- SSB. (2022). *Kommunal Vannforsyning*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/11787/tableViewLayout1/>.
- Twort, A. C., Brandt, M. J. & Ratnayaka, D. D. (2000). *Water supply*. Fifth edition. utg. London: Arnold/IWA Pub.
- VAV, O. K. (2019). *Forskrift om påslipp av fettholdig avløpsvann til offentlig avløpsnett*. Lovdata.
- WHO. (2022). *Sanitation safety planning - Second edition, SSP*. 2 utg. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240062887>.
- World Health, O. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater : Vol. IV : Excreta and greywater use in agriculture*, b. Vol. IV. Genève: WHO.
- Ødegaard, H. (2009). *Veiledning for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg*. Norsk Vann rapport (trykt utg.), b. 168, 2009. Hamar: Norsk Vann BA.
- Ødegaard, H., Norheim, B. & Norsk Vann, B. A. (2014a). *Vann- og avløpsteknikk*. 2. utg. utg. VA-teknikk. Hamar: Norsk Vann.
- Ødegaard, H., Østerhus, S. W., Melin, E. S. & Norsk Vann, B. A. (2014b). *Veiledning i mikrobiell barriere analyse (MBA)*. Rev. utg. av Veiledning til bestemmelse av god desinfeksjonspraksis. utg. Norsk Vann rapport (trykt utg.), b. 209-2014. Hamar: Norsk vann.
- Ødegaard, H. & Norsk Vann, B. A. (2015). *Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg*. Norsk Vann rapport (trykt utg.), b. 212-2015. Hamar: Norsk Vann BA.

6. Figurliste

Figur 1 - Nedbør målt i august i fra 1990 – 2021

Figur 2 - Målt nedbør i 2022 i forhold til normalnedbør

Figur 3 - WHO Sanitation safety planning vist i seks moduler (WHO, 2022)

Figur 4 - Oversikt over trinnene i prosedyren for mikrobiell barriere analyse (Ødegaard et al., 2014b)00

Figur 5 - Bestemmelse av vannkvalitetsnivå

Figur 6 –Gjennomsnittlig vannforbruk i m³ per time over 24 timer

Figur 7 –Gjennomsnittlig vannforbruk i m³ per time på storkjøkken over 24 timer

Figur 8 - Gjennomsnittlig vannforbruk i m³ per time uten storkjøkken over 24 timer

Figur 9 – Forbruksmønster

Figur 10 - Forbruksmønster toalett

Figur 11 - Prinsippskisse for distribusjon av rensset vann

7. Tabelliste

- Tabell 1 - Normalt vannforbruk for næringsvirksomheter og institusjoner (Twort et al., 2000)
- Tabell 2 - Beregning av vannforbruk basert på tilnærming fra to forskjellige bransjer
- Tabell 6 - Maksimale avrenningskoeffisienter for flater
- Tabell 3 - Sammensetning av avløpsvann fra husholdninger (Jönsson et al., 2005)
- Tabell 4 - Gråvannets karakteristikk (Edwin et al., 2014)
- Tabell 5 - Gråvannets karakteristikk fra observasjoner utført i Norge (World Health, 2006), (Le-Tiary, 2016)
- Tabell 7 - Kvalitetskrav til gjenvunnet vann for jordbruksvanning (Laura & Bernd, 2017)
- Tabell 8 – Drikkevannsforskriftens tillatte verdier for mikrobiologi, indikator- og risikovurderingsparametere (omsorgsdepartementet, 2017)
- Tabell 9 - Gjennomsnittsverdier av gråvannskarakteristikk
- Tabell 10 - Separasjonseffektivitet av vanlige partikkelfjerningsmetoder (Ødegaard et al., 2014a)
- Tabell 11 - Inaktiveringseffektivitet av vanlige desinfeksjonsmetoder (Ødegaard et al., 2014a)
- Tabell 12 - Dimensjonerende Ct-verdi mg * min/ l for inaktivering av patogener
- Tabell 13 - Sammenheng mellom nødvendig barrierehøyde, vannverkets størrelse og vannkvalitetsnivå (Ødegaard et al., 2014b)
- Tabell 14 - Renseanlegg
- Tabell 29 - Prisestimat renseanlegg og noen viktige komponenter
- Tabell 15 - Utvikling i kommunale vann og avløpsgebyrer fram til 2026 og antatt tilbakeholden prisutvikling fram til 2050
- Tabell 30 - Nåverdiberegning av investeringsbudsjett over 25 år (2026-2050)
- Tabell 16 - Målt forbruksdata fra 4 kontorlokaler over en periode på 4 år
- Tabell 17 - Beregnet vannforbruk for Construction City, midlere, min og maks
- Tabell 18 - Akkumulert forbruk og timesforbruk
- Tabell 19 - Beregning av avrenning fra tak
- Tabell 20 - Beregning av påslipp av overvann til kommunal ledning
- Tabell 21 - Tegnforklaring for
- Tabell 22 - Beregning av fordrøyingsmagasin
- Tabell 23 - Log-kreditt for nye, forbedrede tiltak for overvåking av råvannskvalitet (Ødegaard et al., 2014b)
- Tabell 24 - Bestemmelse av Log-kreditt for partikkelseparasjon i vannbehandlingsanlegg (Ødegaard et al., 2014b)
- Tabell 25 - Maksimal log-reduksjon for UV anlegg godkjent ved angitt UV-dose (Ødegaard et al., 2014b)
- Tabell 26 - Membran MF - $5,5b + 5,5v + 4,5p$
- Tabell 27 - Membranfiltrering UF - $5,5b + 5,5v + 4,5p$

Tabell 28 - Koagulering og flokkuleringsanlegg - 5,5b + 5,5v + 4,5p

Tabell 29 - Prisestimat renseanlegg og noen viktige komponenter

Tabell 30 - Nåverdiberegning av investeringsbudsjett over 25 år (2026-2050)

Vedlegg

År		Vannkost [kr/m3]	Besparelse per år	Diskonteringsfaktor	Besparelse per år NV	Vedlikehold
2023	0	kr 41,38	-kr 5 500 000,00	1,00	-kr 5 500 000,00	
2024	0	kr 48,21	kr -	1,00	kr -	
2025	0	kr 56,40	kr -	1,00	kr -	
2026	1	kr 66,10	kr 217 049,48	1,15	kr 188 738,67	kr 600 000,00
2027	2	kr 67,96	kr 239 926,86	1,32	kr 181 419,18	kr 600 000,00
2028	3	kr 69,86	kr 263 444,81	1,52	kr 173 219,24	kr 600 000,00
2029	4	kr 71,81	kr 287 621,27	1,75	kr 164 448,39	kr 600 000,00
2030	5	kr 73,82	kr 312 474,66	2,01	kr 155 355,13	kr 600 000,00
2031	6	kr 75,89	kr 338 023,95	2,31	kr 146 137,08	kr 600 000,00
2032	7	kr 78,02	kr 364 288,63	2,66	kr 136 949,59	kr 600 000,00
2033	8	kr 80,20	kr 391 288,71	3,06	kr 127 912,97	kr 600 000,00
2034	9	kr 82,45	kr 419 044,79	3,52	kr 119 118,68	kr 600 000,00
2035	10	kr 84,76	kr 447 578,04	4,05	kr 110 634,45	kr 600 000,00
2036	11	kr 87,13	kr 476 910,23	4,65	kr 102 508,62	kr 600 000,00
2037	12	kr 89,57	kr 507 063,72	5,35	kr 94 773,83	kr 600 000,00
2038	13	kr 92,08	kr 538 061,50	6,15	kr 87 450,04	kr 600 000,00
2039	14	kr 94,65	kr 569 927,22	7,08	kr 80 547,05	kr 600 000,00
2040	15	kr 97,30	kr 602 685,18	8,14	kr 74 066,69	kr 600 000,00
2041	16	kr 100,03	kr 636 360,37	9,36	kr 68 004,50	kr 600 000,00
2042	17	kr 102,83	kr 670 978,46	10,76	kr 62 351,27	kr 600 000,00
2043	18	kr 105,71	kr 706 565,86	12,38	kr 57 094,14	kr 600 000,00
2044	19	kr 108,67	kr 743 149,70	14,23	kr 52 217,65	kr 600 000,00
2045	20	kr 111,71	kr 780 757,89	16,37	kr 47 704,53	kr 600 000,00
2046	21	kr 114,84	kr 819 419,11	18,82	kr 43 536,29	kr 600 000,00
2047	22	kr 118,06	kr 859 162,85	21,64	kr 39 693,83	kr 600 000,00
2048	23	kr 121,36	kr 900 019,41	24,89	kr 36 157,76	kr 600 000,00
2049	24	kr 124,76	kr 942 019,95	28,63	kr 32 908,79	kr 600 000,00
2050	25	kr 128,25	kr 985 196,51	32,92	kr 29 927,94	kr 600 000,00
Utgiter					-kr 5 500 000,00	
Inntekter					kr 2 412 876,33	
Netto					-kr 3 087 123,67	

Beskrivelse 7 - Nåverdiberegning med 15% diskonteringsrente og 600 000,- i årlige vedlikeholdskostnader

År		Vannkost [kr/m3]	Besparelse per år	Diskonteringsfaktor	Besparelse per år NV	Vedlikehold
2023	0	kr 41,38	-kr 5 500 000,00	1,00	-kr 5 500 000,00	
2024	0	kr 48,21	kr -	1,00	kr -	
2025	0	kr 56,40	kr -	1,00	kr -	
2026	1	kr 66,10	kr 747 049,48	1,15	kr 649 608,24	kr 70 000,00
2027	2	kr 67,96	kr 769 926,86	1,32	kr 582 175,32	kr 70 000,00
2028	3	kr 69,86	kr 793 444,81	1,52	kr 521 702,84	kr 70 000,00
2029	4	kr 71,81	kr 817 621,27	1,75	kr 467 477,61	kr 70 000,00
2030	5	kr 73,82	kr 842 474,66	2,01	kr 418 858,80	kr 70 000,00
2031	6	kr 75,89	kr 868 023,95	2,31	kr 375 270,71	kr 70 000,00
2032	7	kr 78,02	kr 894 288,63	2,66	kr 336 196,22	kr 70 000,00
2033	8	kr 80,20	kr 921 288,71	3,06	kr 301 170,91	kr 70 000,00
2034	9	kr 82,45	kr 949 044,79	3,52	kr 269 777,76	kr 70 000,00
2035	10	kr 84,76	kr 977 578,04	4,05	kr 241 642,34	kr 70 000,00
2036	11	kr 87,13	kr 1 006 910,23	4,65	kr 216 428,53	kr 70 000,00
2037	12	kr 89,57	kr 1 037 063,72	5,35	kr 193 834,62	kr 70 000,00
2038	13	kr 92,08	kr 1 068 061,50	6,15	kr 173 589,85	kr 70 000,00
2039	14	kr 94,65	kr 1 099 927,22	7,08	kr 155 451,24	kr 70 000,00
2040	15	kr 97,30	kr 1 132 685,18	8,14	kr 139 200,76	kr 70 000,00
2041	16	kr 100,03	kr 1 166 360,37	9,36	kr 124 642,83	kr 70 000,00
2042	17	kr 102,83	kr 1 200 978,46	10,76	kr 111 601,99	kr 70 000,00
2043	18	kr 105,71	kr 1 236 565,86	12,38	kr 99 920,85	kr 70 000,00
2044	19	kr 108,67	kr 1 273 149,70	14,23	kr 89 458,27	kr 70 000,00
2045	20	kr 111,71	kr 1 310 757,89	16,37	kr 80 087,67	kr 70 000,00
2046	21	kr 114,84	kr 1 349 419,11	18,82	kr 71 695,55	kr 70 000,00
2047	22	kr 118,06	kr 1 389 162,85	21,64	kr 64 180,14	kr 70 000,00
2048	23	kr 121,36	kr 1 430 019,41	24,89	kr 57 450,21	kr 70 000,00
2049	24	kr 124,76	kr 1 472 019,95	28,63	kr 51 423,96	kr 70 000,00
2050	25	kr 128,25	kr 1 515 196,51	32,92	kr 46 028,09	kr 70 000,00
Utgiter					-kr 5 500 000,00	
Inntekter					kr 5 838 875,34	
Netto					kr 338 875,34	

Beskrivelse 8- Nåverdiberegning med 15% diskonteringsrente og 70 000,- i årlige vedlikeholdskostnader

År		Vannkost [kr/m3]	Besparelse per år	Diskonteringsfaktor	Besparelse per år NV	Vedlikehold
2023	0	kr 41,38	-kr 5 500 000,00	1,00	-kr 5 500 000,00	
2024	0	kr 48,21	kr -	1,00	kr -	
2025	0	kr 56,40	kr -	1,00	kr -	
2026	1	kr 66,10	kr 747 049,48	1,05	kr 711 475,69	kr 70 000,00
2027	2	kr 67,96	kr 769 926,86	1,10	kr 698 346,36	kr 70 000,00
2028	3	kr 69,86	kr 793 444,81	1,16	kr 685 407,46	kr 70 000,00
2029	4	kr 71,81	kr 817 621,27	1,22	kr 672 659,04	kr 70 000,00
2030	5	kr 73,82	kr 842 474,66	1,28	kr 660 100,94	kr 70 000,00
2031	6	kr 75,89	kr 868 023,95	1,34	kr 647 732,84	kr 70 000,00
2032	7	kr 78,02	kr 894 288,63	1,41	kr 635 554,23	kr 70 000,00
2033	8	kr 80,20	kr 921 288,71	1,48	kr 623 564,46	kr 70 000,00
2034	9	kr 82,45	kr 949 044,79	1,55	kr 611 762,73	kr 70 000,00
2035	10	kr 84,76	kr 977 578,04	1,63	kr 600 148,12	kr 70 000,00
2036	11	kr 87,13	kr 1 006 910,23	1,71	kr 588 719,56	kr 70 000,00
2037	12	kr 89,57	kr 1 037 063,72	1,80	kr 577 475,88	kr 70 000,00
2038	13	kr 92,08	kr 1 068 061,50	1,89	kr 566 415,82	kr 70 000,00
2039	14	kr 94,65	kr 1 099 927,22	1,98	kr 555 537,99	kr 70 000,00
2040	15	kr 97,30	kr 1 132 685,18	2,08	kr 544 840,94	kr 70 000,00
2041	16	kr 100,03	kr 1 166 360,37	2,18	kr 534 323,12	kr 70 000,00
2042	17	kr 102,83	kr 1 200 978,46	2,29	kr 523 982,92	kr 70 000,00
2043	18	kr 105,71	kr 1 236 565,86	2,41	kr 513 818,65	kr 70 000,00
2044	19	kr 108,67	kr 1 273 149,70	2,53	kr 503 828,57	kr 70 000,00
2045	20	kr 111,71	kr 1 310 757,89	2,65	kr 494 010,86	kr 70 000,00
2046	21	kr 114,84	kr 1 349 419,11	2,79	kr 484 363,69	kr 70 000,00
2047	22	kr 118,06	kr 1 389 162,85	2,93	kr 474 885,14	kr 70 000,00
2048	23	kr 121,36	kr 1 430 019,41	3,07	kr 465 573,29	kr 70 000,00
2049	24	kr 124,76	kr 1 472 019,95	3,23	kr 456 426,15	kr 70 000,00
2050	25	kr 128,25	kr 1 515 196,51	3,39	kr 447 441,73	kr 70 000,00
Utgiter					-kr 5 500 000,00	
Inntekter					kr 14 278 396,20	
Netto					kr 8 778 396,20	

Beskrivelse 9- Nåverdiberegning med 5% diskonteringsrente og 70 000,- i årlige vedlikeholdskostnader

År		Vannkost [kr/m3]	Besparelse per år	Diskonteringsfaktor	Besparelse per år NV	Vedlikehold
2023	0	kr 41,38	-kr 5 500 000,00	1,00	-kr 5 500 000,00	
2024	0	kr 48,21	kr -	1,00	kr -	
2025	0	kr 56,40	kr -	1,00	kr -	
2026	1	kr 66,10	kr 217 049,48	1,05	kr 206 713,79	kr 600 000,00
2027	2	kr 67,96	kr 239 926,86	1,10	kr 217 620,74	kr 600 000,00
2028	3	kr 69,86	kr 263 444,81	1,16	kr 227 573,54	kr 600 000,00
2029	4	kr 71,81	kr 287 621,27	1,22	kr 236 626,73	kr 600 000,00
2030	5	kr 73,82	kr 312 474,66	1,28	kr 244 832,08	kr 600 000,00
2031	6	kr 75,89	kr 338 023,95	1,34	kr 252 238,68	kr 600 000,00
2032	7	kr 78,02	kr 364 288,63	1,41	kr 258 893,12	kr 600 000,00
2033	8	kr 80,20	kr 391 288,71	1,48	kr 264 839,60	kr 600 000,00
2034	9	kr 82,45	kr 419 044,79	1,55	kr 270 120,01	kr 600 000,00
2035	10	kr 84,76	kr 447 578,04	1,63	kr 274 774,09	kr 600 000,00
2036	11	kr 87,13	kr 476 910,23	1,71	kr 278 839,53	kr 600 000,00
2037	12	kr 89,57	kr 507 063,72	1,80	kr 282 352,05	kr 600 000,00
2038	13	kr 92,08	kr 538 061,50	1,89	kr 285 345,50	kr 600 000,00
2039	14	kr 94,65	kr 569 927,22	1,98	kr 287 851,98	kr 600 000,00
2040	15	kr 97,30	kr 602 685,18	2,08	kr 289 901,88	kr 600 000,00
2041	16	kr 100,03	kr 636 360,37	2,18	kr 291 524,02	kr 600 000,00
2042	17	kr 102,83	kr 670 978,46	2,29	kr 292 745,68	kr 600 000,00
2043	18	kr 105,71	kr 706 565,86	2,41	kr 293 592,71	kr 600 000,00
2044	19	kr 108,67	kr 743 149,70	2,53	kr 294 089,57	kr 600 000,00
2045	20	kr 111,71	kr 780 757,89	2,65	kr 294 259,44	kr 600 000,00
2046	21	kr 114,84	kr 819 419,11	2,79	kr 294 124,23	kr 600 000,00
2047	22	kr 118,06	kr 859 162,85	2,93	kr 293 704,71	kr 600 000,00
2048	23	kr 121,36	kr 900 019,41	3,07	kr 293 020,49	kr 600 000,00
2049	24	kr 124,76	kr 942 019,95	3,23	kr 292 090,16	kr 600 000,00
2050	25	kr 128,25	kr 985 196,51	3,39	kr 290 931,26	kr 600 000,00
Utgiter					-kr 5 500 000,00	
Inntekter					kr 6 808 605,58	
Netto					kr 1 308 605,58	

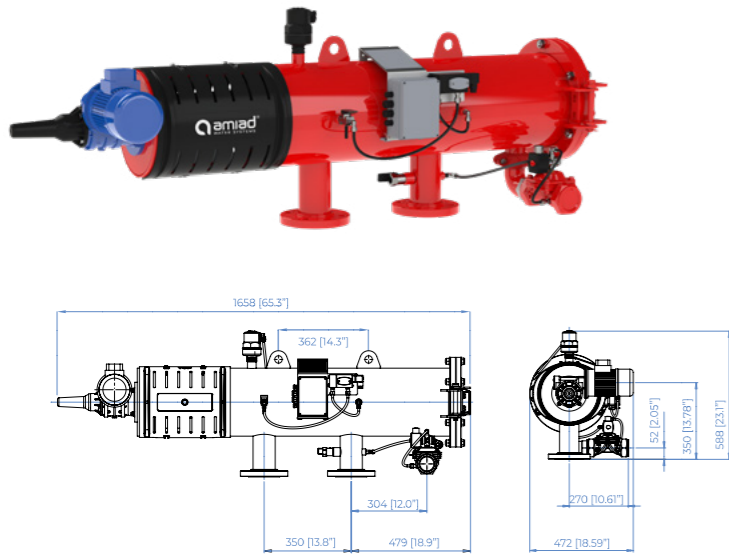
Beskrivelse 10- Nåverdiberegning med 5% diskonteringsrente og 600 000,- i årlige vedlikeholdskostnader

Dato	Klokkeslett	Måler 1 [305675]	Måler 2 [305676]	Samlet verdi [m3]	Forbruk Periode ΔV [m3]	ΔV [L]	Arbeidsdage	Daglig forbruk [L]	Daglig forbruk [L]
14.mar		2447,7	2048,6	4496,3	4496,3	4496300	900	4995,9	0,17
05.apr		2510,8	2104	4614,8	118,5	118500	17	6970,6	0,24
25.apr		2543,3	2132,4	4675,7	60,9	60900	14	4350,0	0,15
09.jun		2675,7	2248,4	4924,1	248,4	248400	30	8280,0	0,28
16.jun		2704,2	2273,3	4977,5	53,4	53400	5	10680,0	0,37
05.aug		2765,6	2327,2	5092,8	115,3	115300	22	5240,9	0,18
10.aug		2777,7	2337,8	5115,5	22,7	22700	3	7566,7	0,26
19.aug		2809,4	2365,8	5175,2	59,7	59700	7	8528,6	0,29
26.aug	08:30	2832,1	2385,8	5217,9	42,7	42700	5	8540,0	0,29
29.aug	13:30	2838,3	2391,3	5229,6	11,7	11700	1	11700,0	0,40
30.aug	09:00	2840	2392,8	5232,8	3,2	3200	1	3200,0	0,11
31.aug	09:30	2851,6	2403,1	5254,7	21,9	21900	1	21900,0	0,76
06.sep	08:30	2869,5	2418,9	5288,4	33,7	33700	4	8425,0	0,29
07.sep	08:30	2872,8	2421,8	5294,6	6,2	6200	1	6200,0	0,21
13.sep	12:30	2894,4	2440,9	5335,3	40,7	40700	4	10175,0	0,35
15.sep	10:30	2901,2	2446,9	5348,1	12,8	12800	2	6400,0	0,22
19.sep	09:45	2909,7	2454,4	5364,1	16	16000	2	8000,0	0,27
22.sep	08:30	2921,9	2465,2	5387,1	23	23000	3	7666,7	0,26
28.sep	11:50	2937,8	2479,2	5417	29,9	29900	4	7475,0	0,26
30.sep	08:30	2944,6	2485,2	5429,8	12,8	12800	2	6400,0	0,22
14.okt	14:30	2989,3	2524,8	5514,1	84,3	84300	10	8430,0	0,29
21.okt	09:23	3009,5	2542,6	5552,1	38	38000	5	7600,0	0,26
02.nov	15:45	3046,8	2575,7	5622,5	70,4	70400	8	8800,0	0,30
04.nov	13:45	3053,7	2581,8	5635,5	13	13000	2	6500,0	0,22
18.nov	15:00	3092,1	2615,8	5707,9	72,4	72400	10	7240,0	0,25
20.des	14:00	3169,7	2684,3	5854	146,1	146100	22	6640,91	0,23
03.jan	13:00	3183,7	2696,7	5880,4	26,4	26400	4	6600,0	0,22
04.jan	13:20	3188,1	2700,6	5888,7	8,3	8300	1	8300,0	0,28
05.jan	14:00	3191,2	2703,4	5894,6	5,9	5900	1	5900,0	0,20
06.jan	13:30	3193,2	2705,2	5898,4	3,8	3800	1	3800,0	0,13
09.jan	12:30	3196,2	2707,7	5903,9	5,5	5500	1	5500,0	0,19
11.jan	12:30	3203,9	2714,6	5918,5	14,6	14600	2	7300,0	0,25
13.jan	12:30	3210,4	2720,3	5930,7	12,2	12200	2	6100,0	0,21
16.jan	14:30	3213,3	2722,9	5936,2	5,5	5500	1	5500,0	0,19
17.jan	14:30	3216,4	2725,6	5942	5,8	5800	1	5800,0	0,20
20.jan	12:20	3226,3	2734,4	5960,7	18,7	18700	3	6233,33	0,21
25.jan	12:10	3237,2	2743,9	5981,1	20,4	20400	3	6800,0	0,23
27.jan	13:40	3244,1	2750,1	5994,2	13,1	13100	2	6550,0	0,22
31.jan	14:50	3254,3	2759,2	6013,5	19,3	19300	2	9650,0	0,33
01.feb	14:20	3258,8	2763,2	6022	8,5	8500	1	8500,0	0,29
03.feb	14:50	3265	2768,7	6033,7	11,7	11700	2	5850,0	0,20
13.mar	13:45	3357,1	2850,2	6207,3	173,6	173600	26	6676,92	0,23

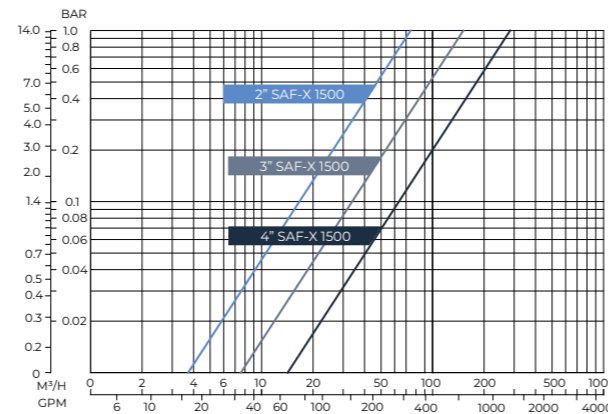
Tid (Månedlig)	9221.10024 Hammersborg torg 1 [m3]	9221.10025 Hammersborg torg 3 [m3]	9221.10038 Møllergata 39 [m3]	9221.10002 A2 Kværnerhallen [m3]
Jan 2019	392,20	222,40	80,10	606,8
Feb 2019	346,00	202,40	78,50	553,3
Mar 2019	391,00	210,30	117,40	600,1
Apr 2019	345,60	165,40	81,00	528,9
Mai 2019	391,60	197,80	102,20	599,6
Jun 2019	345,80	195,30	88,40	521,6
Jul 2019	261,20	138,50	56,40	370,2
Aug 2019	324,60	219,50	89,40	606,6
Sep 2019	405,90	220,10	86,00	606,9
Okt 2019	466,10	238,60	93,60	634,4
Nov 2019	400,50	217,50	158,00	592,9
Des 2019	324,40	168,40	68,70	454,0

SAF-X Models

SAF-X 1500



Head Loss Graph (in clean water)

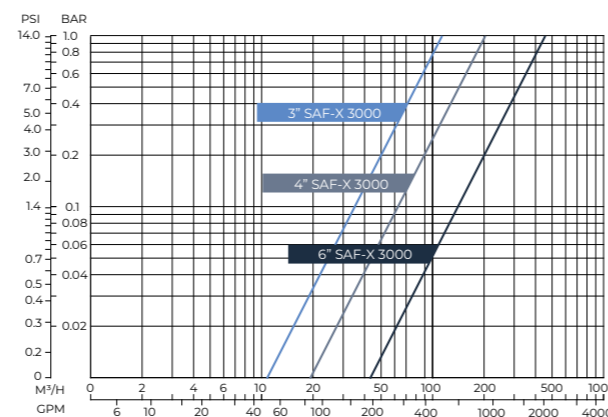
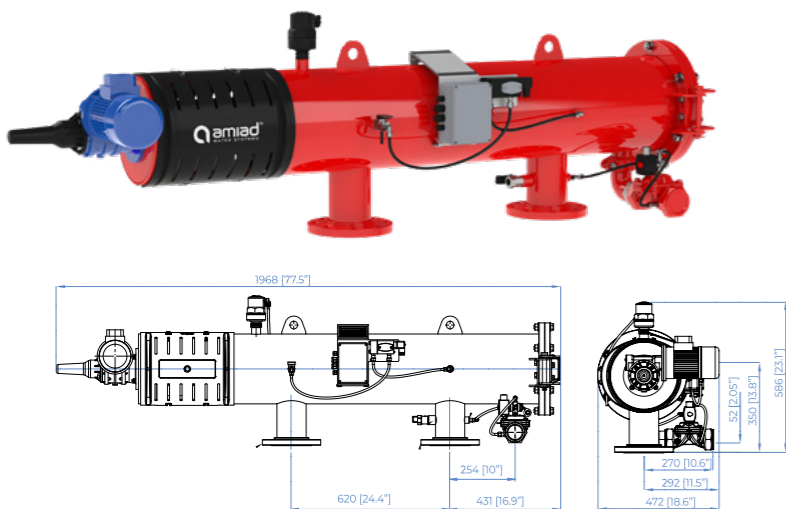


Technical Specifications

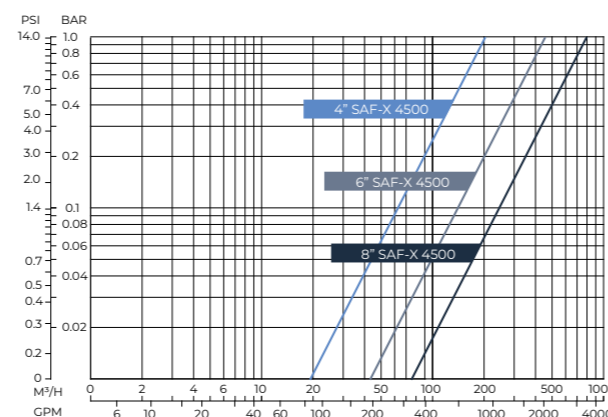
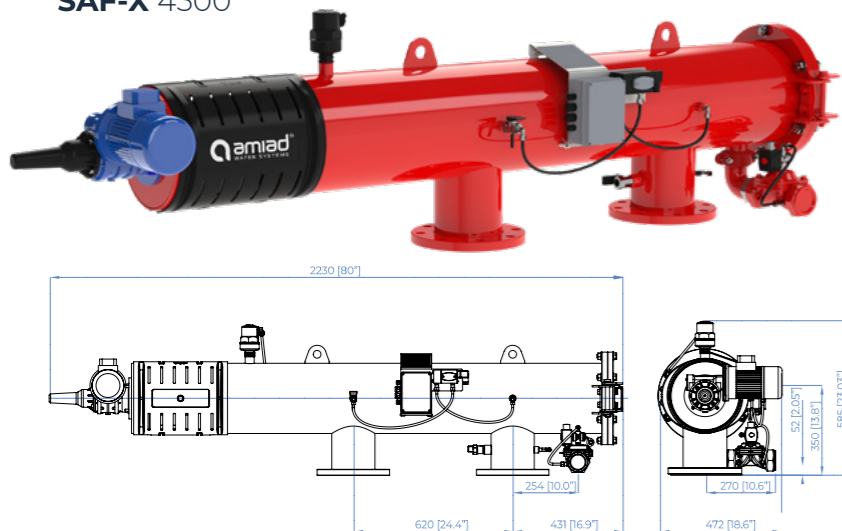
Filter Model	SAF-X 1500	SAF-X 3000	SAF-X 4500
General data			
Max. flow rate* (130µ)	80 m³/h (352 gpm)	160 m³/h (700 gpm)	240 m³/h (1,060 gpm)
Design pressure	10 bar (150 psi)		
Min. operating pressure	2 bar (30 psi)		
Working temperature	4°-50°C (39.2°-122°F)		
Filtration area	1,500 cm² (233 in²)	3,000 cm² (465 in²)	4,500 cm² (700 in²)
Inlet / Outlet diameter	2" (50 mm), 3" (80 mm), 4" (100 mm)	3" (80 mm), 4" (100 mm), 6" (150 mm)	4" (100 mm), 6" (150 mm), 8" (200 mm)
Filter housing	10" (250 mm)		
Weight: empty/operational (per inlet/outlet diameter)	2" (50 mm) 108/158 kg (238/348 lb)	3" (80 mm) 131/198kg (288/436 lb)	4" (100 mm) 154/237 kg (339/521 lb)
	3" (80mm) 109.161 kg (340/354 lb)	4" (100 mm) 132/200 kg (290/440 lb)	6" (150 mm) 155/241 kg (341/530 lb)
	4" (100 mm) 110/164 kg (242/361 lb)	6" (150 mm) 133/205 kg (293/451 lb)	8" (200 mm) 156/247 kg (343/543 lb)

* Consult manufacturer for optimum flow depending on filtration degree & water quality.

SAF-X 3000



SAF-X 4500



Electronic control

Control voltage	24V AC or DC
Electric motor	1/4 HP (0.18 Kw) 50/60 Hz
Rated operation voltage	Three-phase, 230/400/460V, 50/60 Hz Single-phase, 110/220V, 50/60 Hz
Current consumption	0.6 Amp. (with three-phase 400V)

Flushing data**

Exhaust valve	50 mm (2")		
Flushing time	20 sec.		
Reject water volume per flush cycle	39 liter (10 gallon)	78 liter (20 gallon)	117 liter (30 gallon)
Flushing flow rate	7 m³/h (31 gpm)	14 m³/h (62 gpm)	21 m³/h (93 gpm)

** Standard nozzle at 2.5 bar (35 psi)

Construction materials

Filter housing and lid	Epoxy-coated carbon steel 37-2 (Stainless steel 316 available on request)
Screens	Stainless steel 316
Cleaning mechanism	Stainless steel 316, POM, PVC
Exhaust valve	Epoxy-coated cast iron, natural rubber
Seals	Synthetic rubber
Control	Aluminium, brass, stainless steel, PVC

Standard Filtration Degrees

	Stainless Steel Weave-wire Screen											
micron	800	500	300	200	130	100	80	50	40	30	20	10
mm	0.8	0.5	0.3	0.2	0.13	0.1	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01


mm (inch)

*Approx. length required for maintenance


AMF: Efficient fine filtration




AMF FEATURES




Filtration degrees of
20 to 2 micron




NF/RO protection





NSF 61-G approved



AMF Parts



Scan to watch the
AMF Operation Video

Technical Specifications

Filter Model	AMF 36K	AMF 93K	AMF-S 370K
General data			
Recommended flow rate*	up to 20 m ³ /h (88 gpm)	up to 50 m ³ /h (220 gpm)	up to 200 m ³ /h (880 gpm)
Inlet/Outlet diameter	2" (50 mm)	4" (100 mm)	6" or 8" (150 or 200 mm)
Standard filtration degrees	20, 10, 7, 3, 2 micron		
Min. working pressure	0.5 bar (7 psi)		
Max. working pressure	10 bar (145 psi)		
Working temperature range	4 - 40°C (39-104°F)		
Compressed air supply ** (for pneumatic valves)	Clean and dry instrument air, 80-120 psi / 5.5-8.0 bar 8.5 CFM at 90 psi / 4 l/s at 6.0 bar (for one AMF-S 370K, depends on type of pneumatic actuator)		
Weight (empty)	480 kg (1,058 lb)	650 kg (1,433 lb)	2,450 kg (5,400 lb)

* Depending on water quality and application - selection to be qualified by Amiad.

** Motorized valves are available upon request.

Flushing data			
Flushing flow rate	6 m ³ /h (26 gpm)	6 m ³ /h (26 gpm)	20 m ³ /h (88 gpm)
Reject water volume per flush cycle	0.5 - 0.7 m ³ (132 - 185 gallon)	1.1 - 1.5 m ³ (290 - 396 gallon)	3.5 - 5 m ³ (925 - 1,320 gallon)
Flushing sequence time	Approximately 10 minutes including drainage and filling time		
Exhaust valve	50 mm 2"	80 mm 3"	100 mm 4"
Flushing criteria	Differential pressure, time interval and manual operation		

Filter Element Data			
Filtration area	35,580 cm ² (5,515 in ²)	92,500 cm ² (14,340 in ²)	370,000 cm ² (57,350 in ²)

Electronic control	
Rated operation voltage	3 phase, 220-480 VAC, 50/60 Hz
Control voltage	24 V AC/DC

Construction materials*	
Filter housing and covers	Epoxy coated carbon steel
Cassettes	Polyester thread on Noryl® molded base
Cassette package	PVC, stainless steel
Pistons	UHMWPE, stainless steel, nylon, PTFE
Seals	Nitrile rubber (NBR), EPDM
Pressure hoses	Rubber
Bolts, nuts, washers	Stainless steel
Pneumatic valves	Cast iron, EPDM, brass, stainless steel
Solenoid valves	Aluminum (pneumatic control of valves), brass (hydraulic control of pistons)

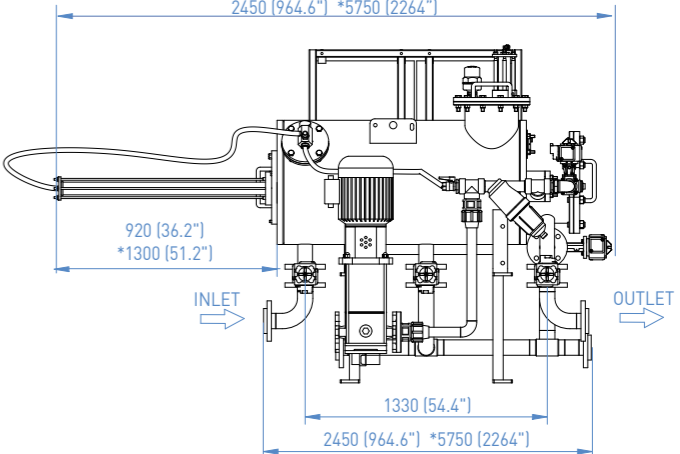
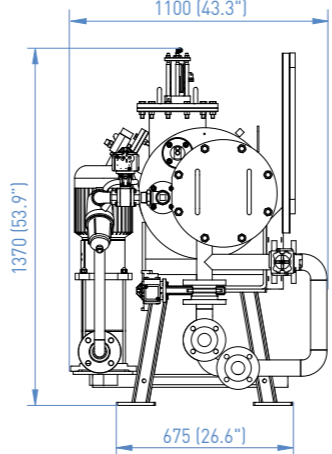
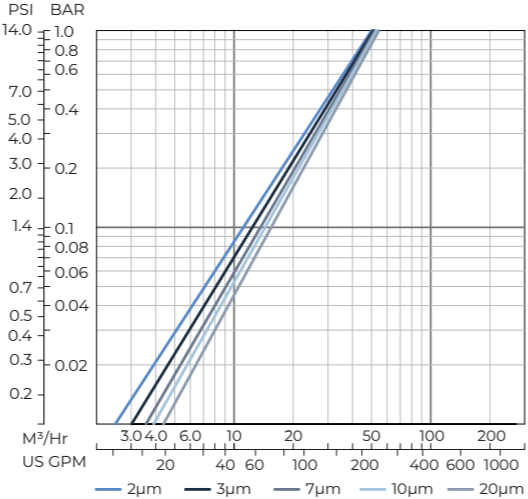
* Amiad offers a variety of construction materials. Please contact us for specifications.

AMF Models

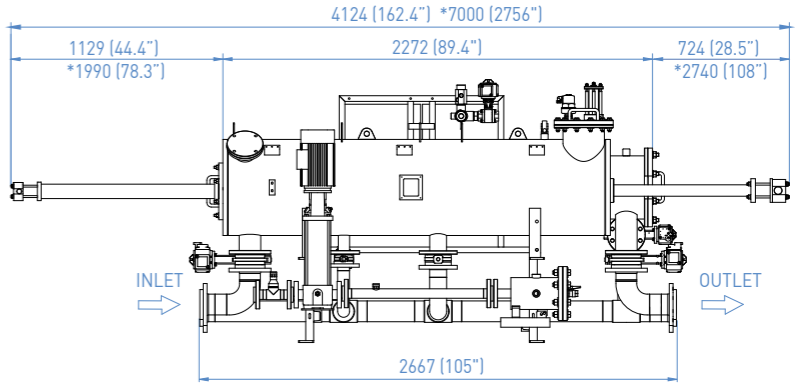
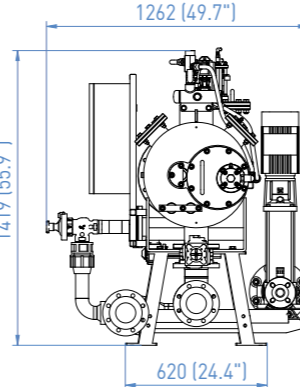
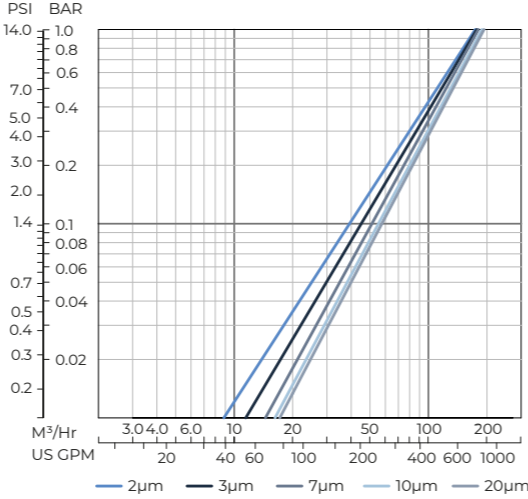


AMF 36K

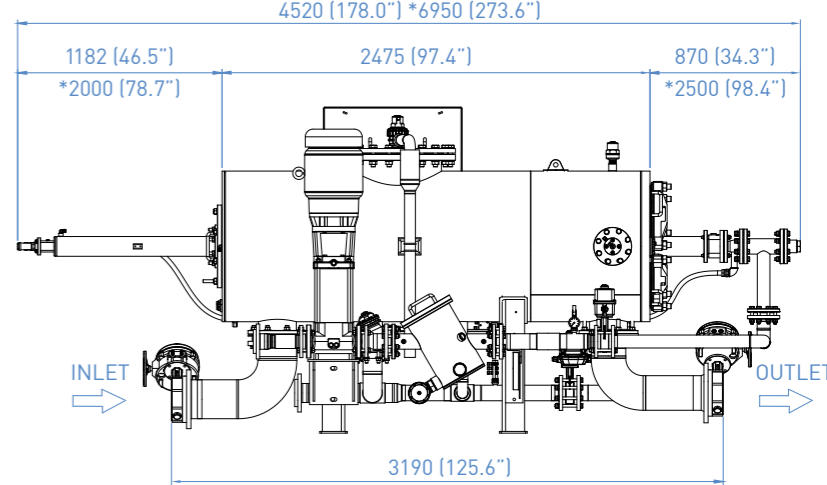
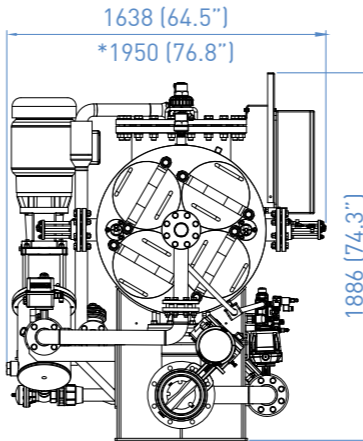
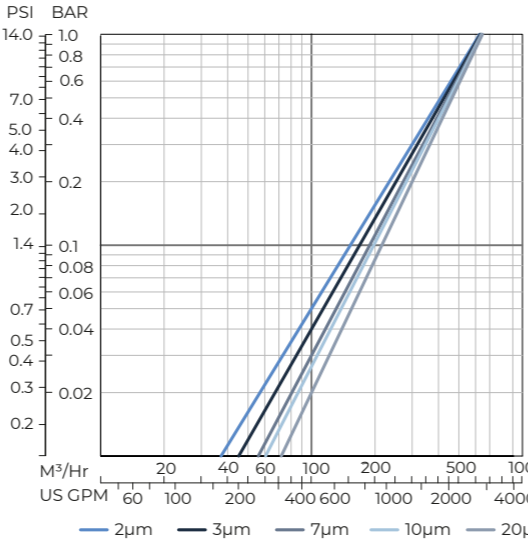
Head Loss Graph (in clean water)



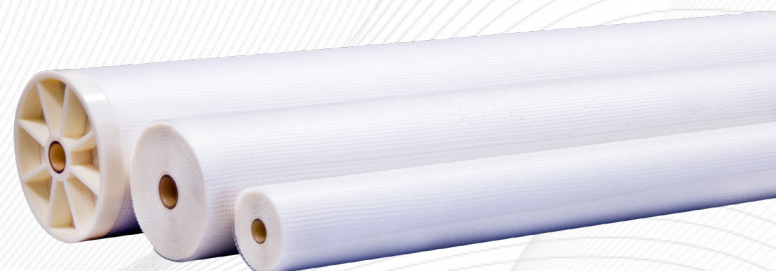
AMF 93K



AMF-S 370K



*Approx. length required for maintenance mm (inch)



MQ (PES 50,000Da)

Sanitary UF Membrane

SANITARY ELEMENT OPERATING SPECIFICATIONS

Pressure	PSI	Bar
Max. Inlet Pressure	120	8.3
Min. Outlet Pressure	10	0.7
Max. Differential Pressure per Element	18	1.2
Max. Permeate Backpressure	5	0.3

NOTE: Soft start on boost pumps required to minimize pressure/flow shocks to elements.

Temperature	Fahrenheit	Celsius
Max. Operating	131°	55°
Max. CIP Temperature	122°	50°

pH Parameters	pH
Operating Parameters	At Max Temp. - 3-9 At Ambient Temp. - 2-10
Cleaning Parameters	At Max Temp. - 2-11 At Ambient Temp. - 1.8-11

Chlorine	Norm. ppm	Max. ppm
Free Chlorine in DF Water or Product	0	< 0.1
Chlorine during CIP at: pH 10.8-11.0 and 50°C (PES/PVDF) pH 10.5 and 50°C (PAN)	150	180

NOTE: Maximum chlorine exposure for all elements is 30 minutes per day at pH and temperature conditions listed above.

STANDARD SERIES BENEFITS

- Conforms to 3-A, FDA, and USDA sanitary standards
- Wide range of UF MWCO's available
- Good resistance to pH and temperature
- High resistance to fouling
- Customizable dimensions for unique housings

Peroxide	Max. ppm
Free Peroxide in Product during Operation	< 3 ppm
Peroxide as a sanitizer at 25°C max, pH 6-7 10 minutes recirculation	0.1%

Dairy Product Total Solids Limits	Spacer (in mils)			
Products	31	46	65	80
Sweet Whey Max. T.S.	15	25	28	30
Acid Whey Max. T.S.	15	24	26	28
Skim Milk Max. T.S.	14	24	26	28
Whole Milk Max. T.S.	15	30	33	35

NOTE: Trials should be made to determine temperature and viscosity effects. Ribbed spacers are also available for high solids applications.



CONTACT US

4941 Allison Parkway
Vacaville, CA 95688
Phone: +1-707-451-6060
Fax: +1-707-451-6064
Email: sales@synderfiltration.com | support@synderfiltration.com
www.synderfiltration.com

All inquiries will be responded to by a Synder employee personally within 24 hours.



ELEMENT DIMENSIONS

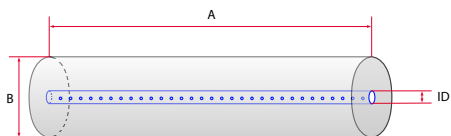
Element	Model No.	Diameter (B) in	Length (A) in	P.W.T. ID
1.8"	1812F	1.8	12	0.63
	2519	2.5	19.25	0.63
2.5"	2540F	2.5	40	0.63
	2540M*	2.5	38	0.75*
	3838	3.8	38	0.83
3.8"	3838.75	3.8	38.75	0.83
	3850	3.8	50	0.83
	3938.75	4.0	38.75	0.63
	4333	4.3	33	0.83
	4335	4.3	35	0.83
4.3"	4335.5	4.3	35.5	0.83
	4336	4.3	36	0.83
	4338	4.3	38	0.83
5.8"	5838	5.8	38	1.14
6.3"	6338	6.3	38	1.14
	6324	6.3	24	1.14
6.4"	6438	6.4	38	1.14
	6424	6.4	24	1.14
7.8"	7838	7.8	38	1.14
	7824	7.8	24	1.14
	8038	8.0	38	1.14
	8040	8.0	40	1.14
8"	8238	8.2	38	1.14
	8240	8.2	40	1.14
	8338	8.3	38	1.14
	8340	8.3	40	1.14
9"	9838	9.8	38	1.14
10"	10338	10.3	38	1.14

*1" permeate tube extensions (0.75" OD). Specifications are subject to change without notice.

RECOMMENDED ELEMENT CROSS FLOW RATE

Element		Feed Spacer (in mils)				
		24	31	46	65	80
1.8"	m ³ /hr	1	1	1	2	2
	gpm	4	5	6	7	7
2.5"	m ³ /hr	2	2	3	3	3
	gpm	9	10	11	12	13
3.8"	m ³ /hr	5	6	7	8	8
	gpm	22	25	29	33	35
4.3"	m ³ /hr	6	7	9	10	10
	gpm	29	32	38	44	46
5.8"	m ³ /hr	12	13	16	18	19
	gpm	51	59	69	78	83
6.3"	m ³ /hr	15	17	20	22	24
	gpm	65	74	88	99	105
8"	m ³ /hr	21	24	29	33	35
	gpm	94	107	128	143	154
10"	m ³ /hr	42	48	57	64	68
	gpm	184	213	250	283	299

The recommended cross flow rate will be subject to differential pressure limitations and specific



Membrane Model **MQ - 2B - 6338**

Spacer Size	Model No.
24 mil Diamond	1
31 mil Diamond	2
46 mil Diamond	3
46 mil Ribbed	3P
65 mil Diamond	4
80 mil Diamond	5
80 mil Ribbed	5P

Outerwrap

A = Control Bypass with Tail

B = Control Bypass without Tail

MEMBRANE AREA (SQ FT)

Element	Model No.	Feed Spacer (in mils)				
		24	31	46	65	80
1.8"	1812F	4.3	3.6	2.9	2.1	1.8
	2519	15	13	10	8	7
2.5"	2540M	34	29	22	17	15
	2540F	35	30	23	18	16
3.8"	3838	85	72	58	46	38
	3838.75	86	74	59	47	39
	3850	100	84	70	52	46
	3938.75	102	89	69	53	47
4.3"	4333	99	86	66	53	44
	4335	105	91	71	56	47
	4335.5	107	93	72	57	48
	4336	108	94	73	58	49
5.8"	4338	115	100	77	62	52
	5838	210	184	147	114	96
6.3"	6324	150	134	107	83	70
	6338	246	220	176	136	115
6.4"	6424	157	140	112	83	74
	6438	258	230	184	136	122
7.8"	7824	242	210	166	132	110
	7838	396	344	273	216	180
	8038	414	368	287	225	189
8"	8040	414	368	287	225	189
	8238	441	384	302	238	201
	8240	441	384	302	238	201
	8338	450	400	311	245	207
	8340	450	400	311	245	207
9"	9838	N/A	564	440	351	296
10"	10338	N/A	620	492	386	326

TECHNICAL NOTES

For element sizes not listed, please call or email Synder Filtration for details. We can design an element to fit your exact needs - just specify the element outer diameter (OD) or vessel/housing inner diameter (ID), element inner diameter (ID), and length. Elements are available with or without a controlled bypass tail. Trials should be conducted to determine optimal application conditions.

ELEMENT WEIGHT

Model No.	Weight (lb)	Weight (kg)
1812F	1	0.5
2519	2	0.9
2540F	4	1.8
2540M	4	1.8
3838	10	4.5
3838.75	10	4.5
3850	13	5.9
3938.75	10	4.5
4333	11	5.0
4335	11	5.2
4335.5	11	5.2
4336	11	5.2
4338	12	5.4
5838	15	7.0
6338	16	7.0
6324	17	7.7
6438	29	13.2
6424	18	8.2
7838	40	18.2
7824	26	11.8
8038	38	17.2
8040	39	17.7
8238	38	17.2
8240	40	18.0
8338	40	18.0
8340	40	18.0
9838	42	19.1
10338	50	22.7

ACTIFLO® Pack Mini

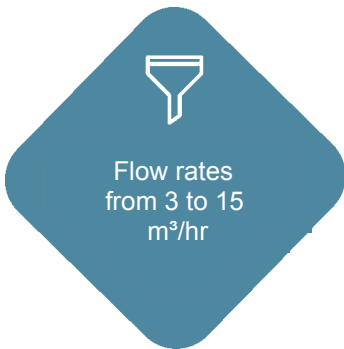
The Ultimate Microsand Enhanced Clarifier

The Actiflo® Pack is a very compact and fully standardized clarifier package plant. It can be used for various applications such as drinking water, waste water treatment, re-use or process water.

This product range is based on the Actiflo process developed by Veolia that uses microsand and polymer in the flocculation tank to increase settling velocity.

Veolia has more than 20 years of design, commissioning and operational experience. Over 1,800 Actiflo units have been installed worldwide by Veolia, including more than 900 package plants.

This package plant is integrating the continuous innovation carried out by Veolia in order to always stay on the cutting edge to meet customer needs and performance excellence.



FEATURES & BENEFITS

- High treatment efficiency: Turbidity and TSS removal up to > 99%; treats all water and wastewater sources
- Extremely quick start-up time: Reaches treatment efficiency within few minutes
- Process stability: The microsand buffers the effect of raw water flow or load variations, making the process very user friendly and easy to operate
- Quick optimisation: Short hydraulic retention time makes it feasible for the process to adjust quickly to changing raw water quality
- Efficient use of chemicals: Microsand ballasted flocculation and settling helps to avoid common chemical overdosing to achieve good clarification performance
- Efficient in cold water applications: Suitable for use also in Nordic regions
- Compact design: Can be easily integrated and retrofitted into existing structures
- Modular: Units may be combined to achieve treatment of high flow rates

HYDREX™ CHEMICALS

Hydrex™ 3000 & 6000 water treatment chemicals from Veolia Water Technologies should be used for optimized plant operation.

APPLICATIONS

- Surface and ground water treatment
- Very high or very low turbidity water and wastewater
- Treatment of water with high natural organic matter (colour, TOC)
- Efficient treatment of algae, phosphorus, heavy metals, oil & grease, particle counts, crypto and giardia, coliforms
- Primary, secondary and tertiary clarification of wastewater
- Treatment of biofilter backwash water and trickling filter effluents
- Stormwater and combined sewer overflow treatment, reverting to effluent polishing during dry weather
- Industrial process water treatment for cooling tower make-up or prior to demin plants
- Pre-treatment to membrane and ion exchange systems
- Industrial wastewater treatment in all market segments, including leachate and run-off water
- Recycling/Reuse of municipal and industrial effluents

ASSOCIATED SERVICES

Local after-sales service and support teams offer preventative and corrective maintenance programs to ensure the long-term, efficient operation of installed plant





System Operating Parameters

Model	Unit	Single Model
Min Feed Flowrate ⁽¹⁾	m ³ /h	3
	US gpm	13,20
Max Feed Flowrate	m ³ /h	15
	US gpm	66,04
Coagulation Volume	m ³	0.42
Flocculation Zone Volume	m ³	0.58
Mirror Surface	m ²	0.125

Drinking and process water: flow rate from 3 to 7 m³/hr

Wastewater: flow rate from 3 to 15 m³/hr

⁽¹⁾ In case of operation at <5 m³/h, the separation of the sludge from microsand should be investigated due to over-mixing in maturation tank.

Pipes Connections

Model	Unit	Single Model
Feed	DN	50
	in	1.96
Outlet	DN	100
	in	3.93
Sludge	DN	32
	in	1.25
Coagulation Drain	DN	40
	in	1.57
Flocculation Drain	DN	40
	in	2
Settler Drain	DN	40
	in	2

Materials of Construction

Tank	Coated Carbon steel tank, FRP tank (only available in Solys China)
Internal Components	SS304 tank
Recirculation Pipework	HDPE

Power Requirements

Version	ISO Spain	ISO China	ASME US	ASME Canada
Voltage ⁽²⁾	400 V	380 V	460 V	460 V
Frequency	50 Hz	50 Hz	60 Hz	60 Hz
Phases	3Ph + E	3Ph + E	3Ph + E	3Ph + E

⁽²⁾ 220V is optional.

System Dimensions

Model	Unit	Single Model
Total Installed Length	m	3.28
	ft	10.76
Total Installed Width	m	1.43
	ft	4.69
Total Installed Height	m	2.55
	ft	8.36
Clearance Height	m	3.55
	ft	11.64
Empty Weight	kg	1800
	lb	3968
Operating Weight	kg	3400
	lb	7495

Environmental Conditions

Parameter	Unit	Value
Minimum ambient temperature	°C	-10
	°F	14
Maximum ambient temperature	°C	40
	°F	104
Maximum humidity	%	95

Feed water Requirements

Parameter	Unit	Value
Minimum water temperature	°C	5
	°F	41
Maximum water temperature	°C	40
	°F	104
Maximum Inlet TSS	mg/l	1000
Maximum Inlet particle size	mm	2

Typical Treated Water Quality

Parameter	Unit	Value
TSS Removal Efficiency	%	Up to 99% ⁽³⁾
		Up to 90% ⁽⁴⁾

⁽³⁾ drinking and process water ⁽⁴⁾ wastewater

In both cases function on the application, raw water quality and chemical dosages

PURION 2500 DUAL 90 W

...is characterized by compact construction and a high degree of efficiency respecting to disinfection and energy consumption. The construction design follows laws, standards and regulations.



Figure: PURION 2500 DUAL 90 W

The pre-assembled UV plant PURION 2500 DUAL 90 W extends the capacity and application options of the single plant PURION 2500 90 W.

As usual the UV plant can be optionally equipped with an Operating Time Counter (OTC) or an Operating Power Detection (OPD).

Several configuration options are possible to meet specific requirements.

Optionally the PURION 2500 DUAL 90 W can be equipped with the PURION Installation system DUAL 1. By use of this system a space saving wall fastening can be easily realized.

The used UV-lamps are characterized by a long durability and a high degree of efficiency respecting to disinfection and energy consumption. The power supply is carried out with 110-240 V 50/60 Hz.

The compact construction design enables an easy replacement of the UV lamp at the end of their useful life. You don't need any tool. Also replacement and cleaning of the quartz pipe can be arranged easily.

manufacturer	PURION [®] GmbH
type	PURION 2500 DUAL 90 W
flow rate	8 m ³ /h
UVC-Transmission	90% T ₁ cm
temperature of water	2°C - 40°C
reactor	stainless steel 1.4571
flanges external thread	R 1"
seal	FPM
dimensions (L x Ø in mm)	928 x 42 (2 x)
distance flanges	850 mm
weight	14,0 Kg
life time of lamps	10.000 h
number of lamps	2
dose	400 J/m ²
temperature max	40°C
max. working pressure	10 bar
protective system	IP 65
electrical connection	110-240 V 50/60 Hz
total power	2 x 90 W
over current protection	10 A

This UV-plant is applied at:

drinking water	•
water of air conditioning	•
disinfection of permeate	•
pharmacy	•
greenhouses	•
sewage plant effluent water	•

Configuration options

I DUAL Basic	simultaneous switching
II DUAL OTC	simultaneous switching
III DUAL OPD	simultaneous switching
IV DUAL OTC Professional	separately switchable protection system
V DUAL OPD Professional	separately switchable protection system
VI DUAL OPD Ultra	simultaneous switching analysis of a sum signal

Advantages

- additional chemicals are not required for disinfection
- smell and taste of the water is not influenced by radiation
- manageable maintenance
- small operation expenses



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway