



Vannforsyning Træna Kommune

BACHELORPPGAVE NTNU

Aleksander Dyring Hansen | Teknisk Plan | 17.06.2022

Sammendrag

Et godt og stabilt vannlagrings system er viktig for at befolkningen skal ha tilgang på rikelig med drikkevann til ulike formål og behov. Træna kommune har pr. dags dato problemer med vannlagring og tilgang på nok drikkevann. Kommunen ligger langt fra fastlandet, og kan dermed ikke låne vann fra andre kommuner. Kommunen har også mangel på grunnvann.

I denne oppgaven har jeg sett på mulige løsninger for nytt høydebasseng på Husøy, i Træna Kommune. Kommunens gamle Høydebasseng skal byttes ut og det gamle bassenget skal brukes i reserve. For å alltid sikre tilgang på rent og trygt drikkevann er det derfor viktig med et funksjonelt høydebasseng med tilstrekkelig lagringsplass.

Nytt Basseng har standard utforming etter standard veileder for høydebasseng. Jeg har derfor sett på de ulike behovene for nyttbart volum Høydebassenget trenger for å tilfredsstille kravene, da særlig utjevningvolum og sikkerhetsreserve.

I problemstillingen diskuterer jeg viktigheten av tilstrekkelig volumkapasitet og utjevningvolum i bassenget, og har konkludert og drøftet oppgaven med utgangspunkt i dette. Jeg har også presentert ny mulig løsning på pumper inn og ut av bassenget.

Rørarrangementet for foreslått ventilkammeret er utført og illustrert med tegning i pc-program Focus VARDAK.

Summary

A good and stable water supply is crucial and beneficial for the population's access to pure drinking water to different needs. Træna today municipality have problems with storage and access to pure drinking water. Træna municipality are located on several islands a long distance from shore and can therefore not borrow water from other municipalities. The municipality do also lack ground water.

In this assignment I have been looking at new solutions for a new elevation pool at Husøy in Træna Municipality. The old elevation pool is being replaced, and the old pool will be kept as a reserve. To always ensure access to pure and safe drinking water, it's important to have a functional elevation pool with sufficient water storage.

The new elevation pools are designed after established standards and guidelines for elevation pools in Norway. I have therefore looked at different needs' regarding usable volumes in the elevation pool, especially with respect to the equalizing and safety volumes.

I discuss the importance of sufficient volume capacity and equalizing capacity for the elevation pool, and I have focused the analysis on these tasks. I have also presented possible solutions for new water pumps for pumping water in and out of the pool.

The tool used for drawing and constructing of the proposed pipes inside the valve chamber is done with use of Focus VARDAK software.

Problemstilling

Vurdere og foreslå ny løsning for pumper, og lagring av vannforsyning for Træna kommune.

Resultatmål:

- Dokumentasjon av vannbehov og vannforbruk til befolkningen under for ulike formål, basert på historisk og eksisterende data.
- Dokumentere behov for vannlagring i høydebassenget, basert på historisk og eksisterende data.
- Prosjekttere ny pumpe, pumpeledning og nytt høydebasseng basert på tilgjengelig data.
 - Vurdere og foreslå mulig løsning basert på dagens situasjon.
 - Vurdere størrelse på pumpene basert på forventet forbruk.
 - Vurdere mulig løsning på høydebassengets utforming og design.
 - Vurdere tekniske løsninger (ventilkammer/hus og pumpe hus).

Innhold

Sammendrag	1
Summary	2
Problemstilling	3
Resultatmål:	3
Figurliste.....	6
Tabell-liste	7
Terminologi	8
Innledning	9
Tidligere arbeider om samme emne	9
Dagens situasjon	10
Generelt om området	10
Vannkilder	11
Høydebassenget på Husøy.....	11
Vannforsyningsnett og ledningstrase	13
Vannforbruk	13
Vannforbruk og lekkasjeprosent på Husøy	14
Tiltenkt fremtidig ledningstrasse'	15
Metode.....	17
Innledning.....	17
Programvare benyttet i oppgaven.....	17
Kartlegging av området.....	17
Beregninger og valg av pumper.....	17
Pumpetyper.....	18
Pumpe 1 (fyller bassenget)	18
Pumpe 2 (pumper vannet ut på nett)	23
Høydebassenget.....	24
Beregning av bassengvolum	25
M _{tot} , bassengets totale nyttbare volum	25
M _u , Utjevningsvolumet	26
M _s , Sikkerhetsreserve	33
M _b , Brannreserve	34
Materialer og utførelse av bassenget	35
Utførelse	35

Vannkammeret	35
Ventilkammeret.....	37
Resultat	44
Pumpe 1 og 2	44
Pumpe 1 (fyller høydebassenget):.....	44
Pumpe 2 (pumper vannet ut på ledningsnett):	46
Høydebassenget.....	46
Basseng volum	46
Ventilkammer	47
Tegninger	48
Konklusjon.....	50
Referanser	52

Figurliste

Figur 1: Bilde av Husøy	10
Figur 2: Kart over Træna kommune (Husøy til høyre og Sanda til venstre)	11
Figur 3: Bildet viser det nåværende høydebassenget på Husøy.	12
Figur 4: Bildet viser dagens ledningsnett på Husøy	13
Figur 5: Forbruk fra høydebassenget 1-3. januar 2021. Data er hentet fra hovedplanen utarbeidet av Norconsult (modifisert fra fra Figur 7 i rapport).	14
Figur 6: Fremtidig ledningstrases fra høydebassenget. Den nye løsningen pumper vannet inn i høydebassenget, og derfra ut på vannmettet med samme trykk som nåværende løsning (pilene forklarer hvordan vannet beveger seg i den nye løsningen).	16
Figur 7: Illustrasjon av en sentrifugal pumpe. Bildet viser pumpehjulet inni pumpehuset.	18
Figur 8: Bildet viser eksisterende pumper ved vannbehandlingsanlegget på Husøy.	19
Figur 9: Figuren viser en illustrasjon av pumping til høydebasseng, og beregning av ledningskarakteristikk. Driftspunktet finnes der pumpekurven krysser ledningskurven og definerer løftehøyde (Ht) og vannføring (Qp).	20
Figur 10: Bilde viser pumping til høydebasseng. Bildet modifisert fra VA-bok Referanse 4.	22
Figur 11: Viser eksisterende pumper på Husøy vannbehandlingsanlegg med løftehøyde $H_p = 50,7$ m.....	24
Figur 12: Figuren viser hvordan vannet beveger seg igjennom høydebassenget.....	24
Figur 13: Eksempel på fylling og tømning av basseng ved pumping inn (Referanse 2, figur 13.2.2)	27
Figur 14: Summasjonskurve for eksempel vist i Figur 13 (Referanse 2, figur 13.2.3)	28
Figur 15: Midlere vannføring per time ut av høydebassenget for et døgn estimert fra måledata over 3 døgn ved bruk av data vist i Figur 5 (1-3.januar 2021).....	30
Figur 16: Midlere vannføring og ulike skaleringskurver som multiplisert med midlere vannføring gir $550 \text{ m}^3/\text{døgn}$. Kurvene viser et tidsrom på to døgn, der dag 1 og 2 har likt forløp.	31
Figur 17: Skalert midlere vannføring med bruk av ulike skaleringskurver. Samtlige kurver tilsvarer en vannføring på $550 \text{ m}^3/\text{døgn}$	31
Figur 18: Summasjonskurver for de ulike vannføringene som vist i Figur 17. $\mu = M_1 + M_2$ og beregnes for hver av tappekurvene (i figuren illustrert for sort Tappekurve Sin2-skalert).	32
Figur 19: Viser lufting med kullfilter i høydebasseng. På bildet kan vi se et ferdig luftfilter med filterhus som er plassert på taket til et høydebasseng. Figuren er hentet fra rapport 181/2011 Norsk Vann.	36

Figur 20: Ventilkammer høydebassenget i 3D vist ovenfra.	39
Figur 21: Ventilkammer i 3D vist fra siden.	39
Figur 22: Bildet viser produktliste med rørdeler jeg benyttet meg av under tegning av ventilkammeret.	40
Figur 23: HQ-diagram av pumpene som pumper vannet inn i høydebassenget. Pumpekurven er hentet av en pumpeprodusent Grundfos.	44
Figur 24: Illustrasjon av valgt pumpe hos Grundfos. Pumpens navn BMS 30-3 HP-A-C-P-A nr. 98872101. Denne pumpen passer godt til behandling av drikkevann, avsalting, industriell vannforsyning og transport.....	45
Figur 25: Ventilkammer høydebassenget i 3D vist ovenfra.	48
Figur 26: Ventilkammer i 3D vist fra siden.	49

Tabell-liste

Tabell 1: Formel for beregning av nyttbart vannvolum i et basseng	25
Tabell 2: Foreslåtte verdier for utjevningvolum (μ) for ulike døgnforbruk i hht DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches) under forutsetning av jevn tilførsel.	26
Tabell 3: Konstanter benyttet for beregning av ulike skaleringskurver for skalering av midlere vannføring til Q_{dmaks} ($550 \text{ m}^3/\text{døgn}$)	29
Tabell 4: Estimert utjevningvolum μ for ulike skaleringskurver og $Q_{dmaks} = 550 \text{ m}^3/\text{døgn}$ (Figur 18).	32
Tabell 5: Viser forskjellige stålkvaliteter på rør. 304-304L er rustfritt stål, mens 316-316L er syrefast stål.	40
Tabell 6: Viser tykkelse på sveis i henhold til rørdimensjon. t =tykkelse på sveis. \varnothing =diameter på røret.	41
Tabell 7: Viser pumpens detaljer fra produsent.....	45

TERMINOLOGI

Utrykk og symboler	Beskrivelse
Q	Vannføring [m^3/time]
Q_p	Vannføring pumpe [m^3/time]
Q_{dmaks}	Maksimal døgnforbruk [$\text{m}^3/\text{døgn}$]
Q_{hmaks}	Maksimal timeforbruk [m^3/time]
Ht	Total løftehøyde pumpe [m]
Hg	Statisk løftehøyde pumpe [m]
Hf	Friksjonstap rør [m]
Hs	Singulærtap [m]
g	Gravitasjonskoeffisient 9.81 m/s^2
Ni	Vann nivå basseng, $i=1, 2, 3$
QH diagram	Pumpediagram som viser vannføring (Q) mot løftehøyde (H)
M_{tot}	Total nyttbart vannvolum i basseng [m^3]
M_u	Utjevningsvolum for bassenget [m^3]
M_s	Sikringsreserve [m^3]
M_b	Brannreserve [m^3]
$Q_m(t)$	Midlere vannføring per time [m^3/time]
$Q_s(t)$	Skalert midlere vannføring pr time [m^3/time]
K_0, K_1	Konstanter
t, t_0	Tid [timer]
M_1, M_2	Summen av M_1 og M_2 ($M_u = M_1 + M_2$) gir utjevningsvolumet. Leses av summasjonskurven
Ø	Diameter
U_0	Utløpshastighet vannledning
L, l	Ledningslengde, avstand til utløp

Innledning

Træna kommune har i dag utfordringer med en stabil og energieffektiv vannforsyning. Dette grunnet manglende tilgang på ferskvann, og lang avstand fra fastlandet. Med ønske fra Træna kommune skal det kartlegges for lagring av vann i høydebassenger for å møte de store variasjonene i forbruket. Træna kommune har derfor kommet med følgende beskrivelse av oppgaven:

Prosjektoppgaven tar utgangspunkt i utfordringer som Træna og tilsvarende kystkommuner har i forbindelse med stabil og energieffektiv vannforsyning, med lang avstand fra kyst og manglende ferskvann i grunnvannet. Hovedplan til Træna 2021-2031 vann og avløp legger opp til å endre drikkevannproduksjonen fra rensing av overflatevann til kun havavsaltning.

Vannverket på hovedøya Husøy har utfordringer med driften, både av teknisk og administrativ karakter. Sistnevnte handler om samarbeid mellom kommune og lokalt næringsliv.

Dagens utjevningsbasseng på Husøy er i dårlig stand og har lite utjevningsvolum. Dermed er det i denne oppgaven nødvendig å kartlegge behovet for vannlagring i høyde- og utjevningsbasseng, for å møte variasjoner i vannforbruket. Oppgaven går også ut på å dimensjonere og prosjektere ny løsning for pumpe, pumpeledning og høydebasseng,

Jeg kommer i denne oppgaven ikke til å gå så veldig inn på selve vannbehandlingen, og rens/avsaltingsprosessen, og heller konsentrere meg om pumpestasjonene og høydebassenget.

TIDLIGERE ARBEIDER OM SAMME EMNE

I forbindelse med denne oppgaven ble jeg tildelt en hovedplan fra 2021 for vann og avløp, utarbeidet av Norconsult A/S Bodø. I planen er det gitt noen verdier basert på historisk data fra området, på blant annet høydebassenget og øyas vannforbruk. Jeg har derfor hentet mye informasjon og data fra denne hovedplanen fra Norconsult A/S.

Dagens situasjon

GENERELT OM OMRÅDET

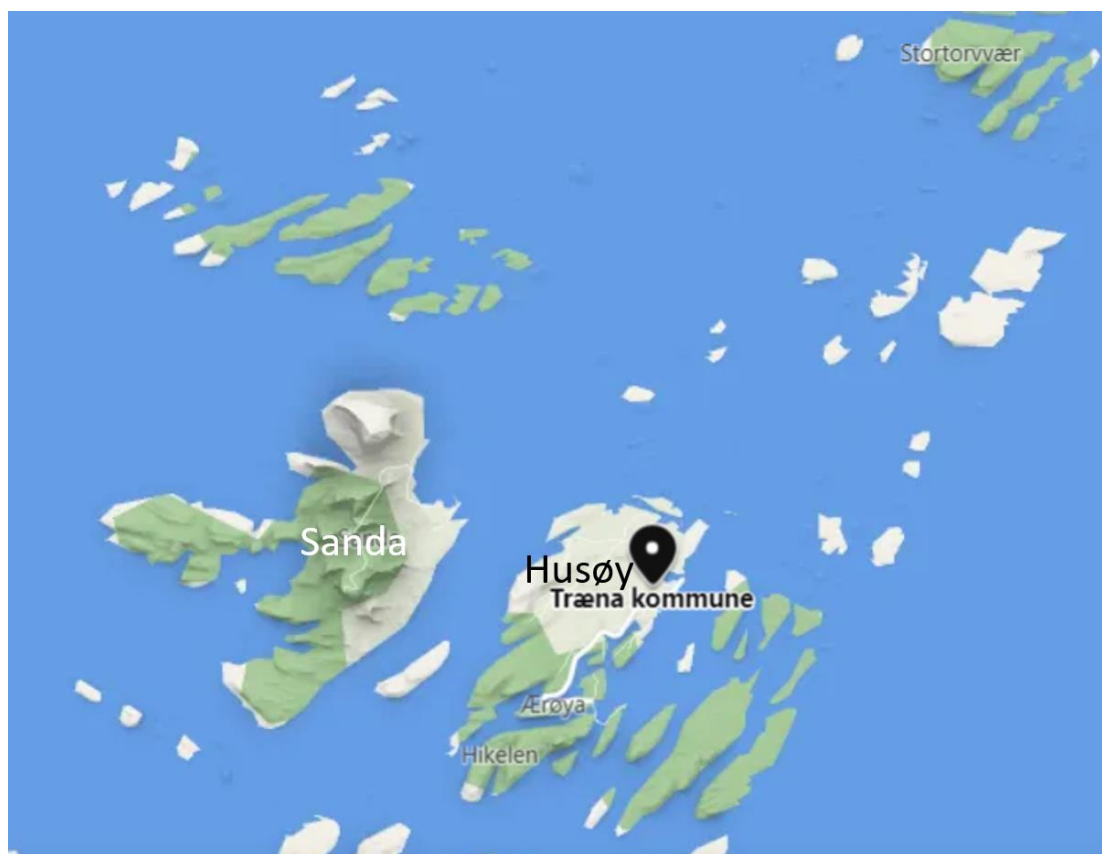
Træna kommune er en øygruppe på Helgeland i Nordland fylke. Kommunen består av øyene Husøy, Selvær, Sanna og Sørsandøya. Kommunen har 446 fastboende innbyggere. Av disse bor det ca. 390 personer på Husøy, ca. 55 personer på Selvær og resten (1-2 personer) på Sanda og Sørsandøya med egen vannforsyning.



Figur 1: Bilde av Husøy

Prosjektområdet på Husøy er ganske flatt, med en svak helning opp til dagens høydebasseng som er øyas høyeste punkt ca. 40 m.o.h. Vannverket på Husøy drives av kommunen og forsyner Træna kommunen med rent drikkevann som produseres igjennom en prosess som avsalter sjøvann, og som deretter pumpes opp i høydebassenget på Husøy og forsyner øya med selvføll fra høydebassenget.

Drikkevannet som produseres på Husøy er det vannverket som produserer. Dette gjør de igjennom avsalting av sjøvann igjennom membraner. Deretter renses vannet kjemisk og rensing med sandfilter slik at vannet holder god nok kvalitet til å forsyne innbyggerne med drikkevann.



Figur 2: Kart over Træna kommune (Husøy til høyre og Sanda til venstre)

VANNKILDER

Træna kommune har to råvannskilder. Et på Sanda og et på Husøy. Sanda er en øy som ligger nord-vest for Træna. Øya består av bart fjell, og her samles det overflatevann fra et nedslagsfelt. Råvannsmagasinet på Husøy er en demning med volum på 30 000 m³. Det er svært lite grunnvann og øya har ingen ordentlig vannkilde. Derfor er Husøy helt avhengig av vannbehandlingsanlegget, som forsyner øya med ferskvann med bruk av omvendt osmose-teknologi (avsaltingsanlegget). Vannbehandlingsanlegget på Husøy består av et vannbehandlingsbygg, og mottar tillegg råvann pumpet fra Sanda.

HØYDEBASSENGET PÅ HUSØY

Høydebassenget på Husøy ble bygget i 1972 og ligger 40 m.o.h. Det er bygget i plaststøpt betong med teglstein som utvendig kledning. Bassenget har et volum på 550 m³, og fra vannbehandlingsanlegget på Husøy pumpes det vann i bassenget før det slippes ut på nettet til abonnenten med selvføll. Avhengig av vannivået i bassenget blir vannet noen ganger pumpet direkte ut på nett om vannstanden i bassenget er lav.



Figur 3: Bildet viser det nåværende høydebassenget på Husøy.

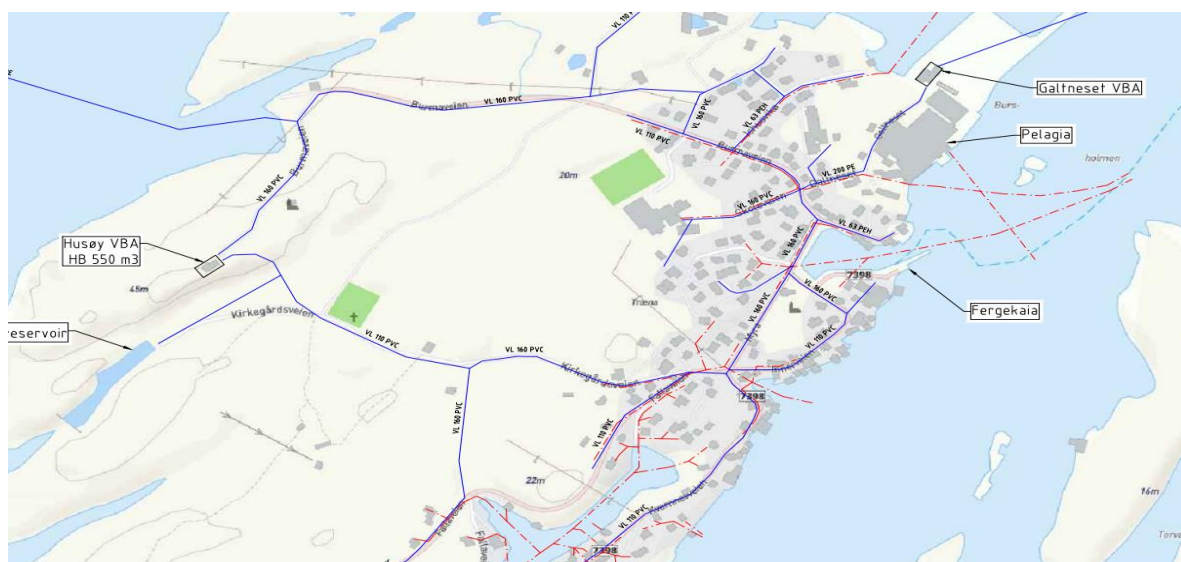
Ifølge hovedplanen til Norconsult A/S ble bassenget restaurert på 90-tallet grunnet problemer med lekkasje fra bassenget. Bassenget ble i forbindelse med dette kledd med membran duk innvendig. Dette hjalp en stund, men membranen hefter dårlig i betongen og det er derfor fortsatt noe lekkasje fra bassenget i dag. Tilstanden til bassenget er derfor svært dårlig. Hovedplanen beskriver også tilstanden til bassenget som kritisk, da det er tegn til oppsprekking i betongen og korrosjon på armeringen.

Avhengig av vannforbruket varierer høydebassengdekningen med mellom 1-2 døgn, avhengig av årstid og forbruk. På grunn av fiskeindustrien kan periodevis forbruket være svært høyt, eksempelvis i oktober 2019 da gjennomsnittlig døgnforbruk var 540 m³ per døgn hele måneden. Skulle noe uforutsett skje, som for eksempel en brann, lekkasje eller en ulykke vil det være mindre vann i reserve, fordi bassenget ikke får tid til å fylle seg helt fullt på natten.

VANNFORSYNINGSNETT OG LEDNINGSTRASE

I Hovedplanen står det at ledningene i hovednettet har en diameter på Ø 160mm. Hovedledningene er lagt på 70-tallet, og er laget av PVC, og noen av PE. Det forekommer ingen store problemer med ledningsnettet, og kommunen har drevet med lite utskifting av ledninger. Siden det ikke er så lett å måle andelen lekkasje på nettet er dette usikkert, men målt ut fra nattforbruket ut fra høydebassenget tilsvarte andelen lekkasje 35% av det totale forbruket, noe som ble gjort ved å sammenligne forbruket fra 2021 med 2020. I Norge er ikke dette spesielt høye tall da det er ganske normal lekkasje prosent.

Hovedplanen sier også at vann fra Galtneset har trykkøkning ut på nettet, men til samme nivå som vann fra høydebassenget. Utenom det er det ikke noen trykkøkingsstasjoner på vann nettet.

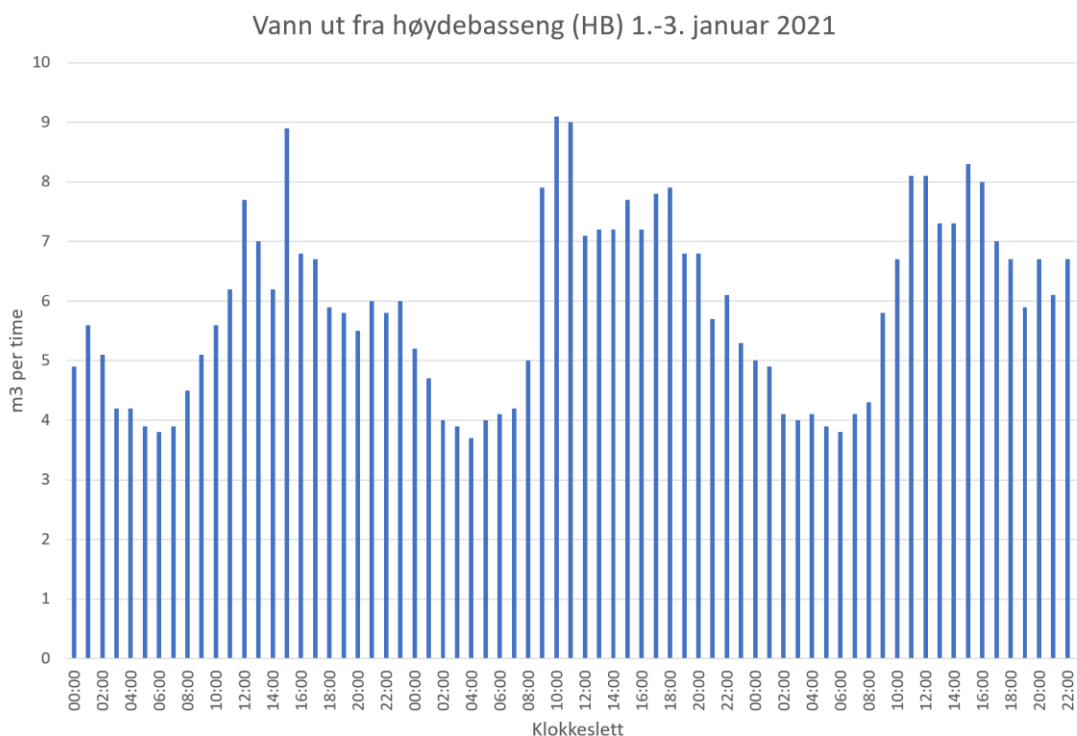


Figur 4: Bildet viser dagens ledningsnett på Husøy

VANNFORBRUK

Vannforbruket varierer gjennom året, og ifølge hovedplanen er det flere perioder med høyt forbruk. Vannforbruket kan være høyt på vinteren på grunn av fiskerinæringen, og på sommeren på grunn av turisme. Det høyeste registrerte forbruket på hele Husøy var i september 2020 og oktober 2019 på hele 720 m³ /d, men gjennomsnittlig døgnforbruk var på hele 550 m³ /d i oktober 2019.

Vannforbruk og lekkasjeprosent på Husøy



Figur 5: Forbruk fra høydebasseng 1-3. januar 2021. Data er hentet fra hovedplanen utarbeidet av Norconsult (modifisert fra fra Figur 7 i rapport).

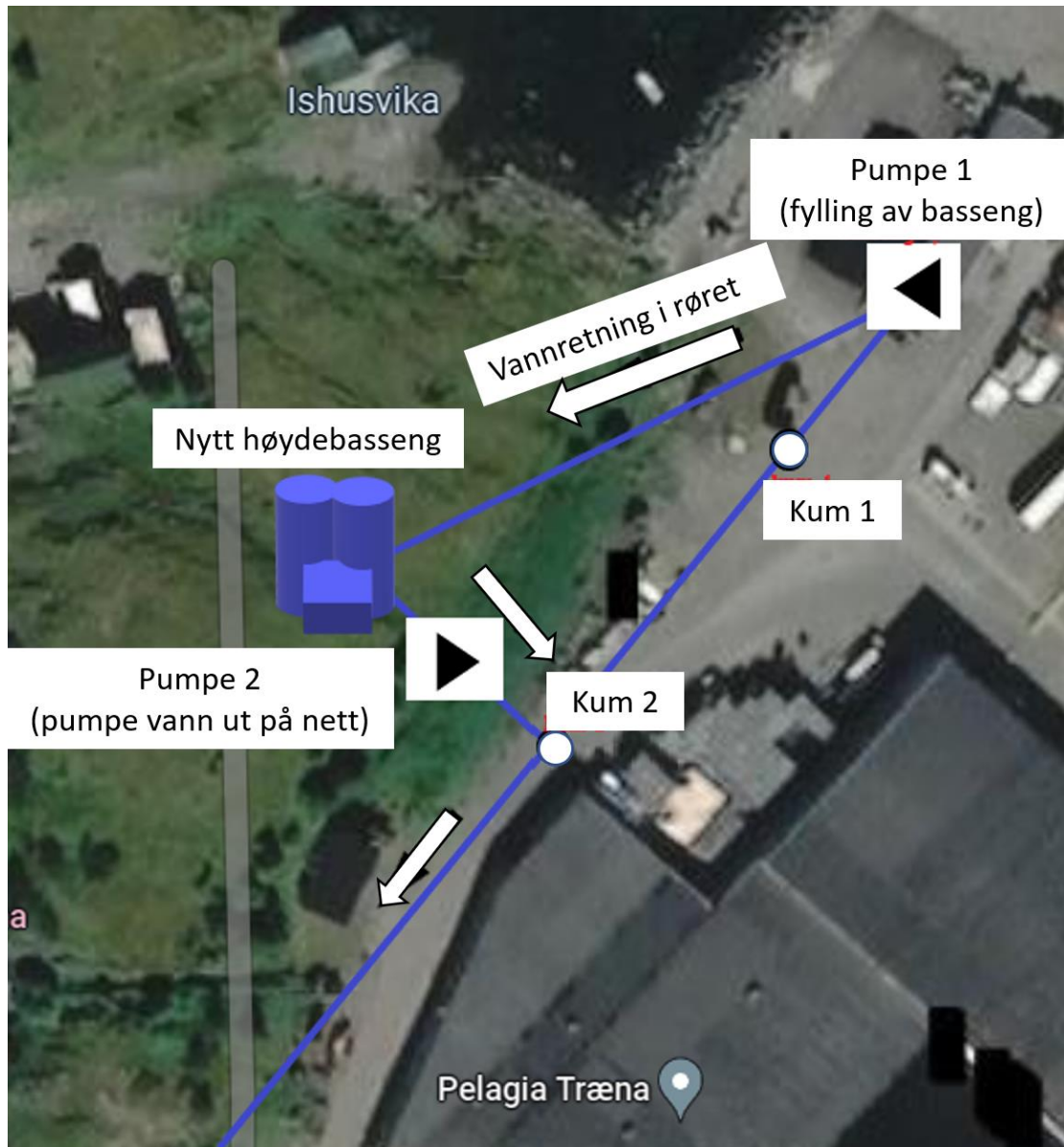
Ifølge hovedplanen til Norconsult har kommunen ingen vannmålere på nettet for å registrere lekkasjen, og det er dermed vanskelig å kartlegge hvor stor lekkasjeprosenten er. Derfor må lekkasjeprosenten måles ved bruk av nattforbruket ut fra høydebassenget. Det finnes heller ingen historisk oversikt da vannmåleren har vært ødelagt frem til 2019. Lekkasjeprosenten er derfor estimert fra nattforbruket til høydebassenget i perioden 1-3. januar 2021.

Norconsult kom frem til lekkasjevolumet vet å se på det minste nattforbruket som var på ca. 4 m³/h, noe som tilsvarer 96m³ i døgnet. Dette tallet får de ved å bruke verdiene i Figur 5 der de antar at minste vannforbruk om natten tilsvarer lekkasje (ca 4 m³/h). Sammenlignet med det totale forbruket (2020-forbruk) utgjør dette en lekkasje prosent på ca. 35%.

I Norsk målestokk er ikke dette en særlig høy, men ganske nært normal lekkasjeprosent i Norge.

TILTENKT FREMTIDIG LEDNINGSTRASSE'

Slik situasjonen er nå, forsynes øya med vann fra vannbehandlingsanlegget på Husøy, som pumpes direkte med trykkøkning ut på nett og opp til det gamle høydebassenget. Tiltent ny mulig løsning på ledningstrase fra vannbehandlingsanlegget, plassering av nytt høydebasseng og derfra pumping med trykkøkning ut på nett, kan se slik:



Figur 6: Fremtidig ledningstrases fra høydebassenget. Den nye løsningen pumper vannet inn i høydebassenget, og derfra ut på vannnettet med samme trykk som nåværende løsning (pilene forklarer hvordan vannet beveger seg i den nye løsningen).

Som vist på Figur 6 over fyller pumpe 1 høydebassenget med vann som produseres i vannbehandlingsanlegget. Vannet i høydebassenget pumpes ut på nettet igjennom pumpe 2. I nødstilfelle kan vannet sendes direkte ut på nettet uten å måtte pumpes igjennom høydebassenget. Dette kan være gunstig om høydebassenget er ute av drift.

Kum 1 er tiltenkt brannuttak, og vil derfor være stengt med en ventil slik at vannet går igjennom høydebassenget, og ikke direkte ut på nett.

Kum 2 kobler høydebassenget på nettet, og er valgt ut fra dimensjonering og instruksjoner fra betongprodusent som produserer kummen.

Metode

I dette kapittelet skal jeg ta for meg de ulike metodene jeg har benyttet meg av i oppgaven, og den faglige begrunnelsen for disse.

INNLEDNING

I dette prosjektet har jeg benyttet innspill fra veiledere og fagpersoner. Jeg har også brukt kilder i form av faglig litteratur fra Norsk Vann, VA-boka, hovedplanen til Norconsult A/S, men også befaringen i området ga et bedre innblikk og oversikt over oppgaven. Informasjonen jeg har brukt i denne oppgaven er offentlig informasjon. Min jobb ble da å sortere data, kvalitetssjekke dataen og finne relevante og sikre kilder.

Programvare benyttet i oppgaven

I denne oppgaven har jeg benyttet meg av Word

Focus Var-DAK (tegning og modellering av rørsystemet i ventilkammeret)

Høydemåling.no (lengdeprofil av vann-ledningstrekket fra Husøy vannbehandling til det gamle høydebassenget).

Kartlegging av området

I denne oppgaven har det vært en del mangler med tanke på grunnlagsdata og målinger fra kommunen. Dette har ført til lite historisk data og sammenligne med.

BEREGNINGER OG VALG AV PUMPER

I denne oppgaven skal jeg velge og dimensjonere riktige pumper som skal brukes til å fylle høydebassenget og pumpe vannet ut på nett. Det er behov for egen pumpe som fyller høydebassenget (pumpe 1) og egne pumper (pumpe 2) som pumper vannet ut på nett.

Pumpetyper

Det finnes mange ulike pumpetyper, men den pumpetypen som oftest brukes kalles sentrifugalpumper. En fordel med denne pumpen er at den eneste bevegelige delen er pumpehjulet, og den lager lite støy.

Sentrifugalpumpen tilfører energi til systemet ved å rotere vannet raskt rundt i pumpehuset ved hjelp av pumpehjulet. Det betyr at den kinetiske energien inni pumpehuset går over til trykkenergi i ledningen som er nedstrøms for pumpen. Dersom det er behov for ytterligere trykkøkning, kan pumper med flere sammenkoblede pumpehjul i serie velges. Da blir vannet ført fra løpehjul til løpehjul før vannet trykkes ut av utløpsslusen.



Figur 7: Illustrasjon av en sentrifugalpumpe. Bildet viser pumpehjulet inni pumpehuset.

Pumpe 1 (fyller bassenget)

Pumpe 1 sitt formål er å fylle høydebassenget med vann. Dette skjer som oftest på natten, siden forbruket da er på sitt laveste. Etter planen er det tiltenkt at vannet som produseres på vannbehandlingsanlegget skal fylle høydebassenget som befinner seg et lite stykke unna (ca. 100 meter), og bunnen på bassenget har cirka samme høyde som pumpene.

Per dags dato er det to pumper koblet i parallell som pumper vannet ut på nett fra vannbehandlingsanlegget på Husøy. Disse to pumpene er dimensjonert med en vesentlig større løftehøyde enn det som blir nødvendig med det nye situasjonen, der

pumpene bare brukes til å fylle opp det nye høydebassenget. I nødstilfeller kan vannet sendes direkte ut på vann-nettet med bruk av trykkøkning fra pumpe 2.



Figur 8: Bildet viser eksisterende pumper ved vannbehandlingsanlegget på Husøy.

Det vil være behov for nye pumper med riktig ledningskarakteristikk tilpasset riktig løftehøyde til det nye bassenget. Ledningskarakteristikken sier noe om den totale nødvendige trykkhøyden som funksjon av vannføringen i en pumpe. Den finnes ved å beregne total løftehøyde ved aktuell vannføring. I dette tilfellet vil den totale nødvendige løftehøyden bare være høyden på vannspeilet inne i høydebassenget pluss friksjonstapet, og dermed mye lavere enn nåværende situasjon.

Jeg vil anbefale og fremdeles ha to pumper i parallell, men bestille nye pumper med riktig kapasitet. Eksisterende pumper kan eventuelt gjenbrukes som pumpe 2, se senere kapittel. Grunnen til at det er ønskelig med to parallellkablene pumper er det flere årsaker til. 1) det trengs vedlikehold eller 2) hvis en pumpene svikter, har vi en sikkerhet i at den andre pumpen fungerer, og kan pumpe vannet som normalt uten at vannforsyningen stopper opp.

Beregningseksempel pumpe 1 (fyller bassenget)

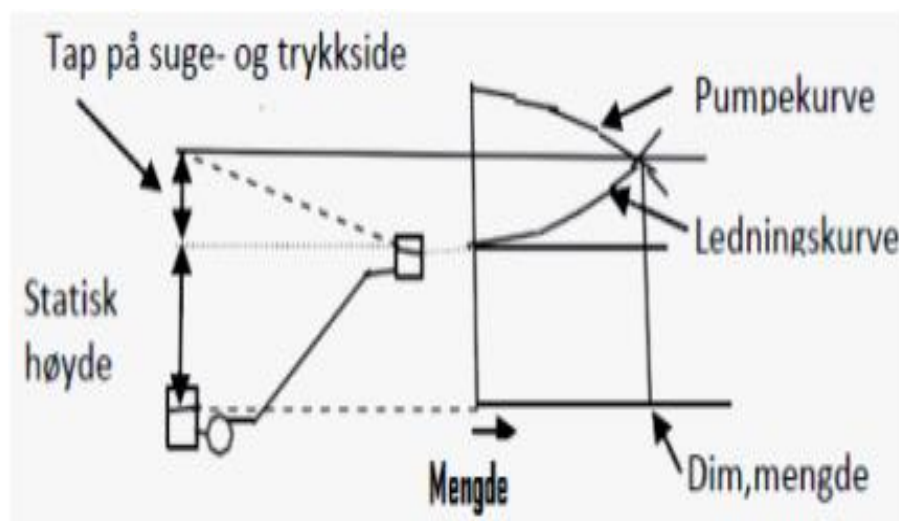
Pumpene som fører vannet fra vannbehandlingsanlegget og fyller opp høydebassenget skal ha en kapasitet på Q_{dmaks} altså maksimalt døgnforbruk. Dette fordi høydebassenget kan anses som et gjennomstrømningsbasseng.

Maksimalt døgnforbruk er ifølge hovedplanen fra Norconsult på $550 \text{ m}^3/\text{d}$.

Ledningskarakteristikken finner jeg med å beregne total trykkhøyde (H_t) ved aktuell vannføring (Q). Total løftehøyde vil være en sum av statisk løftehøyde (H_g), friksjonstap (H_f) og singulærtap (H_s): $H_t = H_g + H_f + H_s$

Friksjonstapet regnes ut ved bruk av Darcy-Weisbachs ligning, og singulærtapet finnes ved å multiplisere singulærstapskoeffisienten med hastighetshøyden: $H_s = k_s * \frac{v^2}{2g}$

Når jeg har funnet ledningskarakteristikken kan jeg da velge riktig pumpe fra en pumpeprodusent med riktig pumpekurve, og som leverer en pumpe med riktig driftspunkt tilpasset kapasiteten til pumpa. Dette er illustrert i Figur 9 under der pumpekurven krysser ledningskurven.



Figur 9: Figuren viser en illustrasjon av pumping til høydebasseng, og beregning av ledningskarakteristikk. Driftspunktet finnes der pumpekurven krysser ledningskurven og definerer løftehøyde (H_t) og vannføring (Q_p).

Det er også nødvendig å tegne opp ett QH-diagram som inneholder pumpekarakteristikk og ledningskarakteristikk. Det er hensiktsmessig å sette opp et

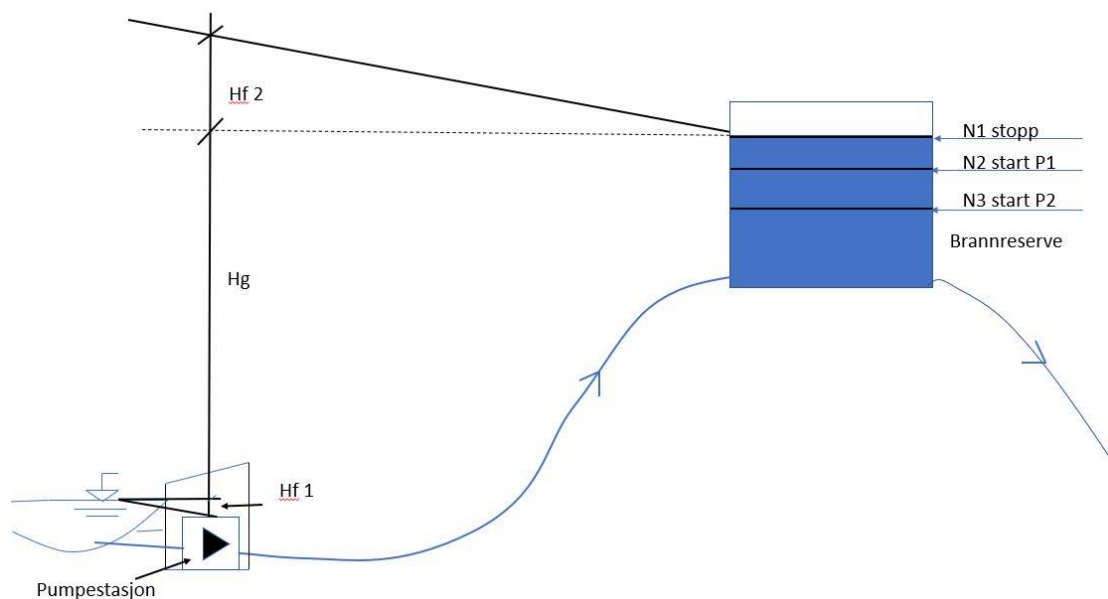
diagram som viser sammenhengen mellom vannføring (Q) og løftehøyden (H) for den aktuelle pumpen.

I dette tilfelle er det ønskelig med to pumper koblet i parallell, og dermed nødvendig med et QH-diagram for hver av pumpene

Styring og regulering av pumpe 1 og bassengvolum

Turtallsregulering av en pumpes løpehjul kan skje ved bruk av elektriske frekvensomformere. Slik teknologi er svært lønnsomt å installere hvis man vil regulere vannføringen ut av en pumpe. Turtallsregulering fører også til å minske faren for trykkstøt ved at man får en mykere start og stopp av pumping.

Illustrasjonen nedenfor viser hvordan vi kan styre pumpene som pumper mot høydebassenget, ved hjelp av sensorer i høydebassenget.



Figur 10: Bilde viser pumping til høydebasseng. Bildet modifisert fra VA-bok Referanse 4.

- Nivå N1: Ved nivå N1 er høydebassenget fylt og alle pumper skal stoppe.
- Nivå N2: når høydebassenget tappes for vann, vil vannspeilet synke til N2. Da vil en av pumpene (P1) starte på signal.
- Nivå N3: Er tappingen høyere enn pumping inn i bassenget, kan vannspeilet synke til N3. da får en annen pumpe (P2) signal om å starte.

I vårt tilfelle fylles bassenget på natten da forbruket er lavt. Det er derfor viktig å dimensjonere inntappingen og uttappingen av bassenget slik at vannet ikke står i ro. Det kan da bli problemer med surt vann og vannkvaliteten, men også uønsket oppblomstring av alger i vannet når temperaturen er høy. Det er i vårt tilfelle også viktig at det pumpes inn nok vann til å fylle bassenget natten. Hvis ikke bassenget fylles opp kan dette føre til at vannspeilet synker under N₃ og bruker av brannreserven.

Pumpe 2 (pumper vannet ut på nett)

Når vannet skal pumpes fra høydebassenget og ut på nett krever dette trykkøkning pumper med riktig løftehøyde og kapasitet. Jeg ville i dette tilfellet benyttet meg av 2 pumper koblet i parallell. Dette fordi pumpestasjonen som pumper vannet fra høydebassenget er svært viktig med tanke på vannforsyningen. To pumper koblet i parallell gir økt sikkerhet med tanke på feil eller vedlikehold av pumpene.

Beregningseksempel pumpe 2 (pumper vannet ut på nett)

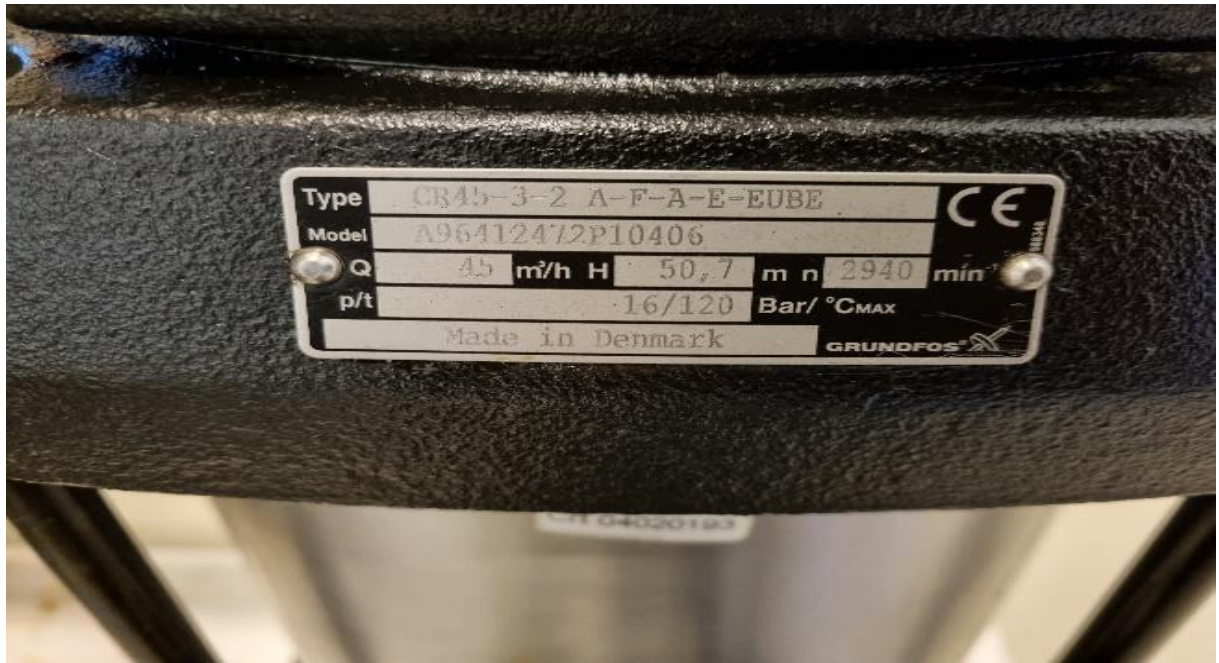
For å velge og dimensjonere pumpene som skal pumpe vannet ut på nett fra høydebassenget, benyttes maks timesforbruk (Q_{hmaks}), der dimensjonerende brannvannstapping er inkludert.

For å beregne riktige pumper kreves en ledningskarakteristikk. Denne finner jeg ved beregning, og bruker maks timesforbruk (Q_{hmaks}) da dette er et gjennomstrømming basseng.

Det er også nødvendig å tegne opp et QH-diagram når jeg skal velge riktige pumper for pumpestasjonen som pumper vannet ut på nett. QH-diagrammet inneholder pumpekarakteristikk og ledningskarakteristikk. Det er hensiktsmessig å sette opp et diagram som viser sammenhengen mellom vannføring (Q) og løftehøyden (H) for den aktuelle pumpen.

I dette tilfelle er det ønskelig med to pumper koblet i parallell, og dermed nødvendig med et QH-diagram for hver av pumpene.

Eksisterende pumper som allerede pumper vannet ut på vann-nettet fra vannbehandlingsanlegget på Husøy har en løftehøyde på 50 meter og $45 \text{ m}^3/\text{h}$. Eksisterende pumper ved Husøy vannbehandlingsanlegg avbildet i vedlegget 3 under. Ett mulig alternativ til valg av pumper vil være å bruke de to eksisterende pumpene som allerede pumper vannet ut på nett fra vannbehandlingsanlegget på Husøy. Disse pumpene er prosjektert med en løftehøyde på over 40 m.o.h (kotehøyde på gammelt høydebasseng) og leverer et driftspunkt som forsyner nettet per dags dato. Denne alternative løsningen vil kommunen spare noe penger på.



Figur 11: Viser eksisterende pumper på Husøy vannbehandlingsanlegg med løftehøyde $H_p = 50,7 \text{ m}$

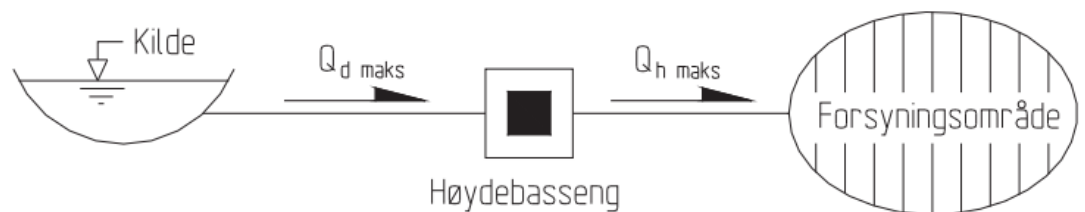
HØYDEBASSENGET

Vannet pumpes fra vannbehandlingsanlegget på Husøy til høydebassenget, og derfra pumpes vannet ut på nett til abonnenten.

Vi kan i dette tilfellet kan vi betrakte høydebassenget som et «gjennomstrømningsbasseng» og et «lavreservoar»

- Lavreservoar:

Er et lavtliggende basseng hvor vannet må pumpes ut på nettet. Under brann og ved utkobling av vannkilder kan bassenget brukes som en reserve.



Figur 12: Figuren viser hvordan vannet beveger seg igjennom høydebassenget.

- Gjennomstrømningsbasseng:
Er et basseng som ligger mellom vannkilden, i vårt tilfelle vannbehandlingsanlegget, og forsyningsområdet. Via overføringsledningen går alt vannet igjennom bassenget, slik at vannet i bassenget alltid blir fornyet. Ledningen som går inn i bassenget og fyller det opp skal dimensjoneres med døgnforbruk (Q_{dmaks}), mens ledningen som fører vannet ut av bassenget og på nett dimensjoneres etter maksimalt timesforbruk (Q_{hmaks}).

Beregning av bassengvolum

I hovedplanen som er utarbeidet av Norconsult er det gjort en beregning på hvor stort bassengvolum Træna kommune trenger. I henhold til hovedplanen er nødvendig bassengvolum på minimum 1100 m^3 , altså to kammer med 550 m^3 hver.

Denne beregningen er gjort på bakgrunn av historiske data fra kommunen angående vannforbruket tidligere år. Det er ut fra disse tallene gjort en indikasjon på bassengets størrelse sammenlignet med forbruket.

Bassengvolumet avhenger av en rekke faktorer, og nødvendig vannvolum i bassenget kan beregnes på følgende måte, med å slå sammen M_u (utjevningsvolum), M_s (sikkerhetsreserve), og M_b (brannreserve):

$$M_{tot} = M_u + M_s + M_b$$

Der : M_{tot} = bassengets totale nyttbare vannvolum
 M_u = utjevningsvolum
 M_s = sikkerhetsreserve
 M_b = brannvannsreserve

Tabell 1: Formel for beregning av nyttbart vannvolum i et basseng

M_{tot} , bassengets totale nyttbare volum

For å finne M_{tot} , altså bassengets totale nyttbare volum er det flere faktorer vi må kjenne til. Disse faktorene er som følger:

- Antall personer bassenget skal forsyne
- Hvilken type abonnenter skal forsynes. Dette kan dreie seg om sårbare abonnenter som skole, sykehus, og eldrester. Men også industri med spesielle vannbehov, som krever en sikker og stabil vannforsyning.
- Variasjoner i forbruket, altså døgn og times variasjon.
- Kapasiteten på vannbehandlingsanlegget og muligheter for andre kilder til reserve forsyning.

Mu, Utjevningsvolumet

Utjevningsvolumet M_u beregnes som oftest for døgnutjevning, der bassenget normalt tappes ned om dagen og fylles opp om natta når forbruket er lite/lavere.

Pumpestasjoner, behandlingsanlegg og ledninger oppstrøms bassenget får dermed en jevn belastning uten store vannforbruketstopp i løpet av døgnet.

I henhold til rapport 181/2011 fra Norsk Vann kan vi ved overslagsberegning sette M_u fra 20% til 35% av maks døgnforbruk.

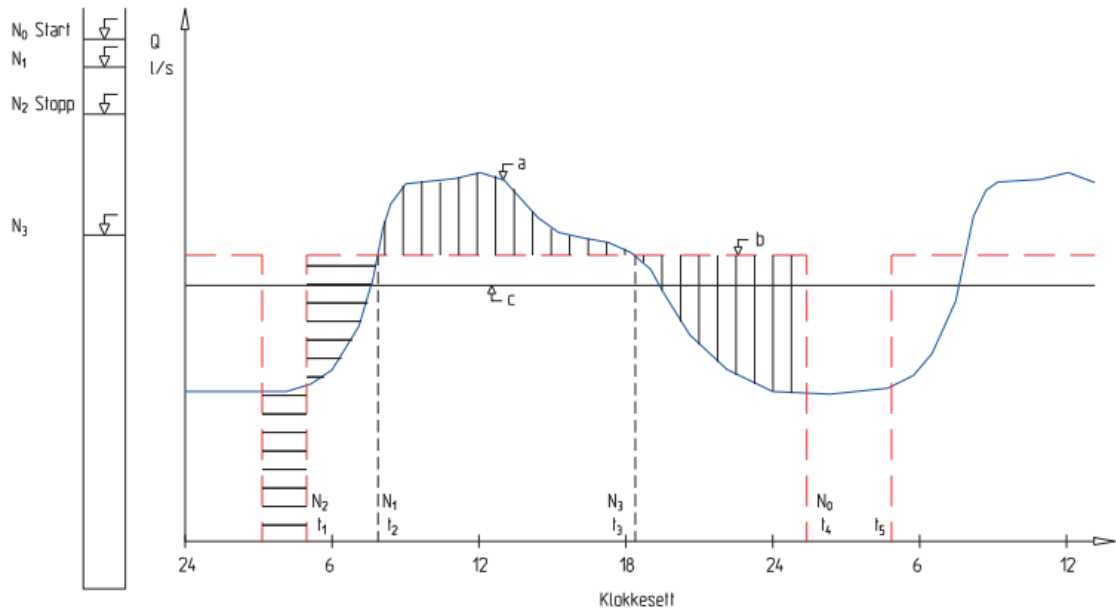
I regelverket/3/utarbeidet av DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches) er det foreslått følgende under forutsetning av jevn tilførsel:

- | | |
|--|-------------------------------|
| - Maksimalt døgnforbruk mindre enn 1000 m ³ | $M_u = 0,35 \times Q_{dmaks}$ |
| - Maksimalt døgnforbruk 1000 til 4000 m ³ | $M_u = 0,25 \times Q_{dmaks}$ |
| - Maksimalt døgnforbruk over 4000 m ³ | $M_u = 0,20 \times Q_{dmaks}$ |

Tabell 2: Foreslåtte verdier for utjevningsvolum (M_u) for ulike døgnforbruk i hht DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches) under forutsetning av jevn tilførsel.

Beregning av utjevningsvolum (Mu)

Figuren under viser et eksempel på pumping opp i et bassenget, og er avhengig av hvor mange timer pumpene arbeider over døgnet.



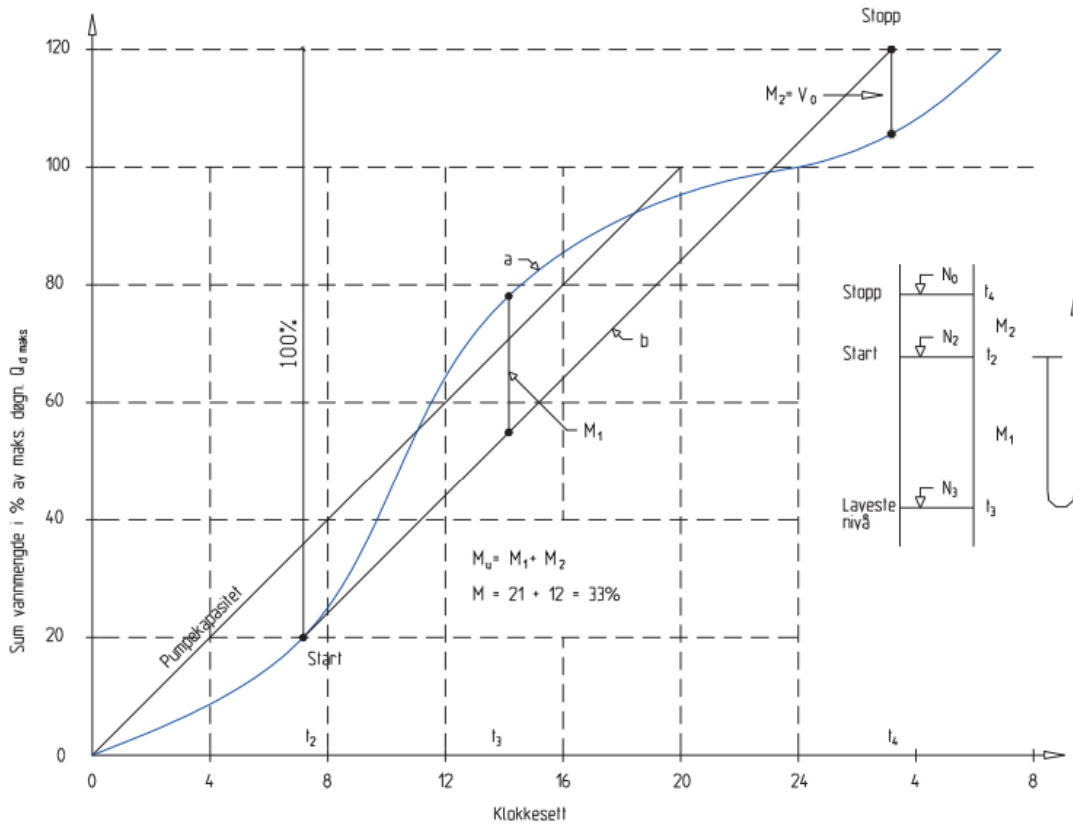
Figur 13: Eksempel på fylling og tømming av basseng ved pumping inn (Referanse 2, figur 13.2.2)

Nødvendig utjevningsvolum M_u vil være det samme som skravert område A_1 på figuren over. Område A_1 er lik integralet av $(Q_a - Q_b)$ mellom tidspunkt T_3 og T_2 , pluss volum V_0 som er volumet mellom N_0 og N_2 . Her vist med ligningen under:

$$M_u = \int_{t_2}^{t_3} (Q_a - Q_b) \cdot dt + V_0 \text{ m}^3$$

M_u ligger oftest mellom 20-35% av maks døgnsforbruk (Q_{dmak}).

En summasjonskurve er den enkleste og mest utbredte måten å regne ut utjevningsvolum (M_u) på. Som illustreres i Figur 14 ved å tegne opp en kurve som viser tapping og tilførsel.



- Der tappekurve a og tilførselslinje b krysser, er utjevningvolumet brukt opp og en ny fylling av bassenget begynner.
- Summen av M_1 og M_2 er lik utjevningvolumet.
- M_1 og M_2 leses av direkte på summasjonskurven.

Figur 14: Summasjonskurve for eksempel vist i Figur 13 (Referanse 2, figur 13.2.3)

Størst nødvendig utjevningvolum kan regnes ut med følgende formel:

$$M_u = M_1 + M_2$$

$$b = \int_0^t Q_p \cdot dt$$

Historiske data over vannforbruk på Husøy er mangelfull. Data vist i Figur 5 viser forbrukt på Husøy over 3 dager i januar 2021. Dette gir en illustrasjon av variasjon av forbruk gjennom døgnet. Totalvolumet per døgn i dette tidsrommet ligger mellom 135-147 m³/døgn, og er betydelig mindre enn maksimalt døgnvolum Q_{dmaks} som av Norconsult er estimert til 550 m³/døgn (referanse 1 Hovedplan).

Hvis en likevel antar at forbruket variere på tilsvarende måte gjennom døgnet, men med høyere volum ved Qdmaks, kan en laget et estimat av utjevningvolumet. Dette er gjort på følgende måte:

1. Først estimeres midlere vannføring ut av høydebassenget midlet over 3 døgn ved bruk av data vist i Figur 5 (1-3.januar 2021) – se middelvannføring per time i Figur 15.
2. Deretter skaleres data for middelvannføring slik at vannføringen over et døgn tilsvarende Qdmaks (550 m³/døgn). Input data (fra Figur 15) og ulike skaleringskurver er vurdert og illustrert i Figur 16.
3. Figur 17 viser skalert midlere vannføring med bruk av ulike skaleringsfunksjoner. Samtlige kurver tilsvarende en vannføring på 550 m³/døgn.
4. Basert på Figur 17 kan en lage summasjonskurver for de ulike vannføringene som vist i Figur 18 og estimere utjevningvolumet Mu.
5. Estimert utjevningvolum Mu for ulike skaleringsfunksjoner og Qdmaks = 550 m³/døgn er oppsummert i Tabell 4.

Skaleringskurvene vist i Figur 16 er valgt slik at forbruket på dagen skaleres opp, mens nattforbruket gis en lavere skalering. Fire ulike skaleringskurver er vurdert:

- Lineær skalering: $Q_s(t) = f(Q(t)) = Q_m(t) * K_1 + K_0$
- Sin-skalering: $Q_s(t) = Q_m(t) * S(t)$ hvor $S(t) = (\sin[(t-t_0) * 2\pi/24] + K_0) * K_1$
- Sin2-skalering: $Q_s(t) = Q_m(t) * S(t)$ hvor $S(t) = (\sin[(t-t_0) * 2\pi/24] + K_0)^2 * K_1$

hvor $Q_m(t)$ er midlere vannføring estimert over 3 dager i januar 2021, $Q_s(t)$ er skalert vannføring gitt Qdmaks (550 m³/døgn), K_0 og K_1 er konstanter, t er tid i timer fra start første døgn ($t=0$ ved @00:00 Figur 16), t_0 er tidsskift i timer som bestemmer skaleringstoppen, og $S(t)$ er skaleringskurven. Konstantene for de ulike funksjonene er oppgitt i Tabell 3.

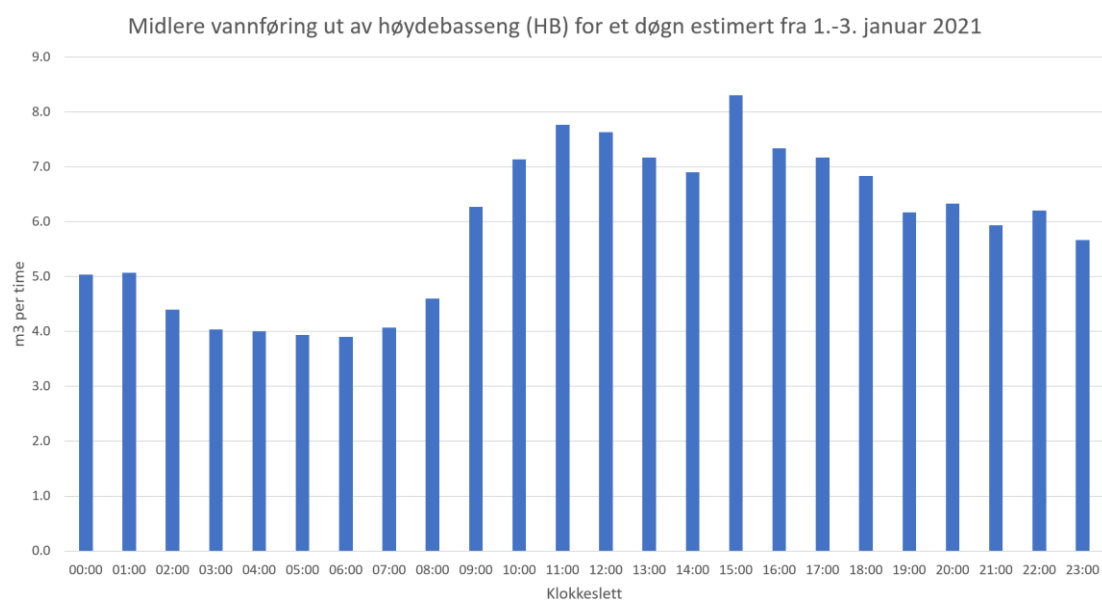
Q_s(t) = f(Q_m(t),K₀,K₁,t₀)	K₀	K₁	t₀ [timer]
Lineær skalering	-32.6	9.40	-
Sin-skalering	1.5	2.355	10
Sin2-skalering	2.5	0.5191	10
Sin Tidlig Topp	1.35	2.599	8

Tabell 3: Konstanter benyttet for beregning av ulike skaleringskurver for skalering av midlere vannføring til Qdmaks (550 m³/døgn)

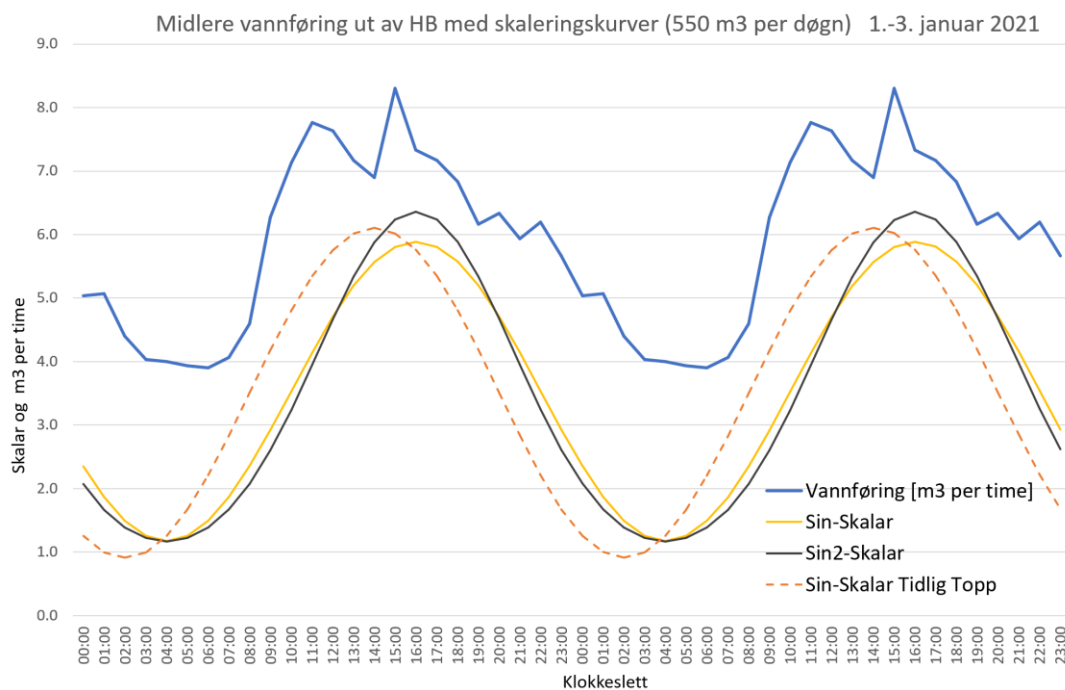
Ut fra resultatet oppsummert i Tabell 4 ser vi at Mu varierer mellom ca 24-31% (135-160 m³/døgn). Dette er på linje med typiske verdier angitt i Tabell 2. Generelt vil Mu øke dersom vannforbruket konsentreres innenfor en kort periode på dagen. I mine

simuleringer gir en tidlig forbrukstopp høyest μ . Tallene for μ som er estimert her kan være konservative siden de er framkommet ved en relativ enkel skalering av dagsforbruket estimert over 3 dager i januar 2021. μ bør derfor antas noe høyere for dimensjonering av anlegget dersom ikke bedre historiske data kan framskaffes.

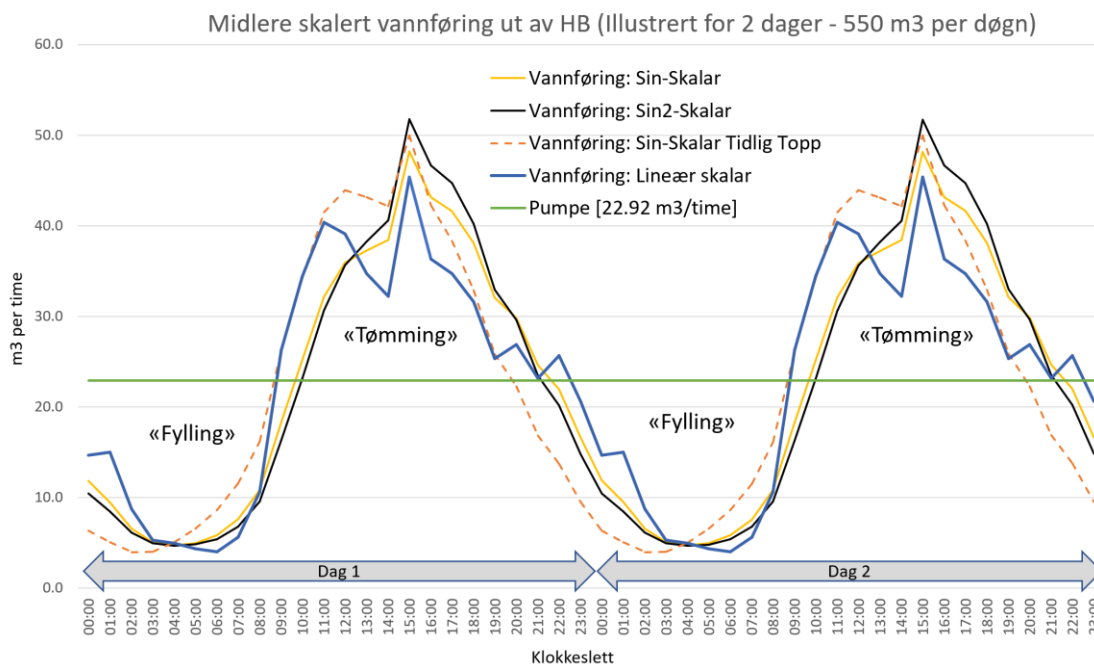
I tillegg må en ta hensyn til perioder med mulig driftsstans, som jo vesentlig kan øke μ .



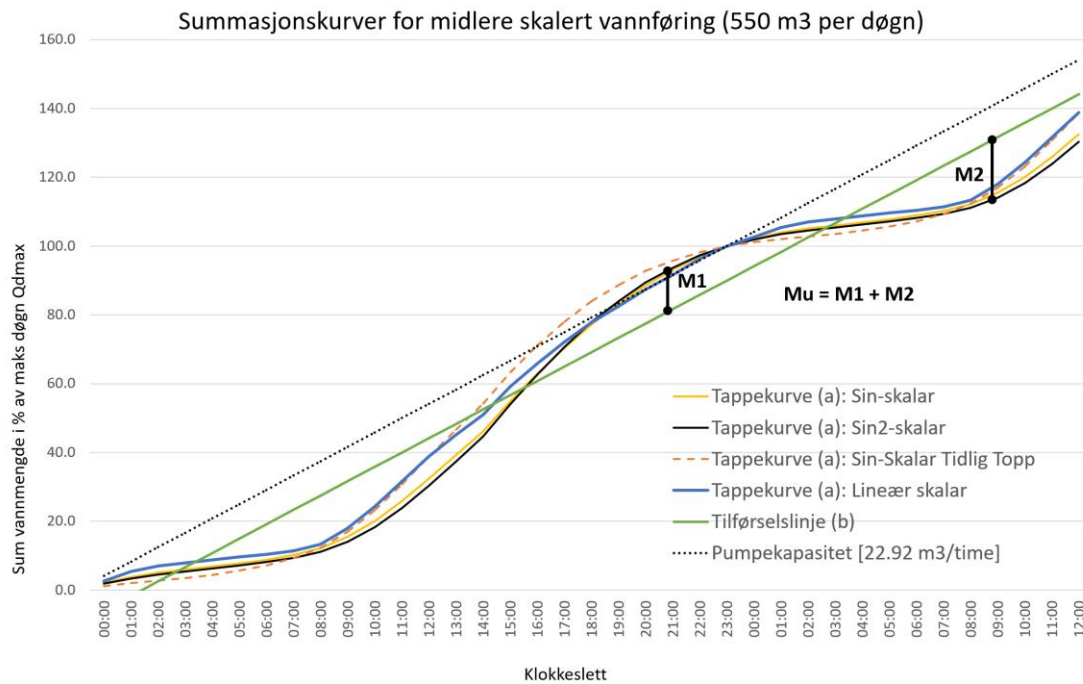
Figur 15: Midlere vannføring per time ut av høydebassenget for et døgn estimert fra måledata over 3 døgn ved bruk av data vist i Figur 5 (1-3. januar 2021)



Figur 16: Midlere vannføring og ulike skaleringskurver som multiplisert med midlere vannføring gir 550 m³/døgn. Kurvene viser et tidsrom på to døgn, der dag 1 og 2 har likt forløp.



Figur 17: Skalert midlere vannføring med bruk av ulike skaleringskurver. Samtlige kurver tilsvarer en vannføring på 550 m³/døgn.



Figur 18: Summasjonskurver for de ulike vannføringene som vist i Figur 17. $\mu_u = M_1 + M_2$ og beregnes for hver av tappekurvene (i figuren illustrert for sort Tappekurve Sin2-skalert).

Qdmaks [m ³ /døgn]	μ_u [m ³ /døgn]	μ_u [m ³ /døgn]	μ_u [m ³ /døgn]	μ_u [m ³ /døgn]
	Lineær skalar	Sin-skalar	Sin2-skalar	Sin Tidlig Topp
550	135	152	163	168
100.0 %	24.6 %	27.6 %	29.6 %	30.6 %

Tabell 4: Estimert utjevningvolum μ_u for ulike skaleringskurver og $Q_{dmax} = 550$ m³/døgn (Figur 18).

Ms, Sikkerhetsreserve

Sikkerhetsreserve Ms skal ved stopp i overføring fra vannkilden dekke vannbehovet og uforutsette vann uttak. Størrelsen på en slik reserve er avhengig av lokale forhold og må særlig vurdere tre ting:

- **Er det abonnenter i forsyningsområdet som er spesielt sårbare?**

Sårbare abonnenter er en gruppe mennesker hvor svikt i vannforsyningen kan gi stor risiko for sykdom, eller alvorlige konsekvenser for innbyggeren.

Den geografiske beliggenhet for området fører til at tilgang på rent drikkevann er viktig. Kommunen ligger langt unna fastlandet, og er avhengig av en fungerende vannbehandling og drikkevannsforsyning. Det bor ulike typer abonnenter på området, derav barn og eldre. For disse abonnentene er spesielt viktig med en god og fungerende drikkevanns vannforsyning.

- **Hvilke andre løsninger/kilder har vi til å forsyne området?**

Dersom det nye høydebassenget ikke fungerer, kan det gamle høydebassenget på Husøy produsere drikkevann ved nødstilfelle. Men et slikt scenario avhenger av flere faktorer.

Det må blant annet være tilstrekkelig mengde råvann for å forsyne det gamle høydebassenget. Produksjonskapasiteten kan heller ikke overskride kapasiteten på membranene som ikke er like store og er underdimensjonert. Derfor kan det i perioder være høyere forbruk enn hva membranene i det gamle anlegget klarer å produsere. I hovedplanen fra Norconsult står det at produksjonskapasiteten til det gamle høydebassenget er på 350 m³/d noe som er vesentlig lavere enn maks døgnforbruk (Qdmaks) som i perioder ligger på 540 m³/d.

Det gamle høydebassenget er heller ikke i veldig god stand.

Jeg vil derfor ikke kategorisere det gamle høydebassenget som en optimal reserveløsning, men siden Husøy har to ulike vannbehandlingsanlegg (Husøy og Sanda) med ulike kilder, skaper dette en ekstra sikkerhet.

- **Hvor lang er reparasjonstiden på skader som kan oppstå i fremtiden?**

Når det kommer til reparasjon, burde ikke dette ta veldig lang tid.

I Norge er det vanlig å bruke mellom 7 – 48 timers forbruk til å dekke sikkerhetsreserven. Sikkerhetsreserven kan beskrives ved hjelp av formelen:

$$M_s = n \times Q_d$$

n er en faktor som varierer mellom 0,3 og 2,0
 Q_d : middel døgnforbruk

Som sikkerhetsreserve for dette området ville jeg benyttet meg av 48 timers forbruk som sikkerhetsreserve. Dette fordi viktigheten av nok drikkevann er spesielt viktig med tanke på den isolerte beliggenheten til området, tilgang på råvann, samt den store variasjonen som kan oppstå, og uforutsett vannbehov. I dette tilfellet er det også en mulighet å beholde dagens høydebasseng som en sikkerhet og reserveløsning i tilfelle uforutsett vannbehov oppstår

Mb, Brannreserve

I VA-miljøblad nr.82 Vatn til brannslukking, står regelverket når det kommer til Brannreserve og krav til brannvann. I forskriften om brannforebyggende tiltak og tilsyn (med hjemmel i lov om brann- og eksplosjonsvern) heter det:

§5-4 Vannforsyning

Kommunen skal sørge for at den kommunale vannforsyning fram til tomtegrense i tettbygd strøk er tilstrekkelig til å dekke brannvesenets behov for slokkevann.

I boligstrøk o.l. hvor spredningsfaren er liten er det tilstrekkelig at kommunens brannvesen disponerer passende tankbil.

I områder som reguleres til virksomhet hvor sprinkling er aktuelt, skal kommunen sørge for at det er tilstrekkelig vannforsyning til å dekke behovet.

En mere detaljert veiledning til forskriften «brannforebyggende tiltak og tilsyn» i DSBs veiledning er det gitt mere detaljert anvisning når det kommer til brannvesenets behov for slokkevann. Etter «utprøvde og anerkjente løsninger (preaksepterte løsninger)» angis følgende vannmengde:

Boligbebyggelse – 20 l/sek

Annen bebyggelse – 50 l/sek

Disse tallene er avhengige av mengde og trykk i vannledningsnettet, og vurderes og settes opp mot brannvesenets antatte slokkevannbehov.

Ettersom kapasiteten til nettet ikke er veldig høyt, og med tanke på geografisk beliggenhet ville jeg dimensjonert brannreserve for 20 l/sek og ikke 50 l/sek med en varighet på 2 timer. Dette tilsvarer en brannreserve på ca. 150 m³. I henhold til rapport 181/2011 fra Norsk Vann, anbefales det en brannreserve på 200-400 m³ for et forsyningsområde med 1000-5000 personer. I vårt tilfelle ville jeg dimensjonert for en brannreserve på 200-400 m³ medregnet lekkasjeprosenten i nettet som var estimert til 35%.

MATERIALER OG UTFØRELSE AV BASSENGET

Høydebasseng utføres som oftest med ett eller to vannkamre (anbefales to kamre), ett ventilkammer med tilhørende utstyr, rørplan/arrangement, ventilasjonsanlegg, avfuktingsanlegg, strømforsyning og styringssystem.

Utførelse

Vannkammeret

Vannkammerene kan ha mange forskjellige fasongen, men utføres som oftest runde. Vannkamre mindre enn 500m³ utføres ofte i rektangulær form dersom de er plaststøpt. I vårt tilfelle er bassengvolumet på 1100 m³ og vil derfor bli utført runde, med to kamre på 550 m³.

På et så lite anlegg som dette er den beste og mest økonomiske løsningen et prefabrikkert basseng i glassfiberarmerte betongelementer. Det er også lettere å tilpasse bassenget i forhold til terrenget på den aktuelle byggetomten.

Materialer

Høydebasseng kan utføres i en rekke forskjellige materialer. Det kan være betong, plast, stål og fjellhaller. I vårt tilfelle består høydebassenget av plaststøpt betong med en veggtykkelse og gullykkelse på minimum 300 mm. Utvendig kledning består av teglstein. Dette fordi kledning i teglstein krever lite vedlikehold, og er motstandsdyktig mot røffe værforhold, noe både beliggenheten nært sjøen og mye vind skaper på Træna. Det er også lagt inn minimum 50mm isolasjon i henhold til rapport 181/2011 fra Norsk Vann

Temperatur-påvirkning på vannkammeret

Vannet som lagres skal ikke utsettes for store endringer når det kommer til varme og kulde. Dette kan ha betydning for utviklingen av biologiske prosesser som kan føre til nedsatt vannkvalitet.

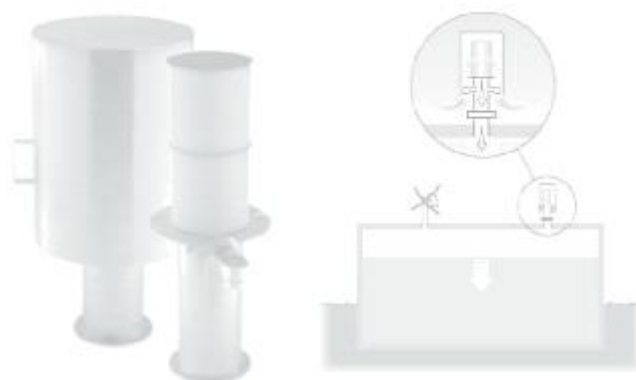
Varmeisolerende tiltak kan være nødvendig for å unngå påvirkninger på vannet. Slike tiltak skal tilpasses de lokale klimatiske forholdene slik at kondens i vannkamrene holdes så lavt som mulig. Det samme gjelder isdannelse inne i vannkamrene, hvor isen kan ødelegge rør og annet utstyr. Det kan også oppstå frostsprengning dersom betongveggene ikke isoleres, eller hvor en vannlekkasje på grunn av dårlig betong kvalitet.

Ventilasjon av vannkammer

Inni bassenget er det behov for ventilasjon av selve vann kammeret. Dette kommer av at vannivået ikke er stabilt, men øker og synker i takt med forbruket og fylling av bassenget. Når bassenget fylles og tømmes med vann trenges det ventilasjon for å slippe luft inn og ut av bassenget. Det er også viktig at luftingen er tilstrekkelig tildekket slik at innsekter og dyr tar seg inn i bassenget igjennom luftingen.

Luftinnretningen til vann-kammeret har derfor to krav:

- Åpning mot fri luft:
- Åpning mot vannkammer:



Figur 19: Viser lufting med kullfilter i høydebasseng. På bildet kan vi se et ferdig luftfilter med filterhus som er plassert på taket til et høydebasseng. Figuren er hentet fra rapport 181/2011 Norsk Vann.

Vannsirkulasjon (oppholdstid)

Høydebassenget må konstrueres på slik måte at vannet ikke står i ro inni bassenget. Står vannet for lenge inni bassenget endres vannkvaliteten. Dette er faktorene som spiller inn på vannkvaliteten når vannet står i ro. Disse kan deles inn i tre kategorier og er kjemisk prosess (k), biologisk prosess (b), og fysisk prosesser (f) som spiller inn på vannkvaliteten:

- Tilvekst av mikroorganismer. Dette oppstår når vannet står i ro med høy temperatur og er en biologisk prosess. (b)
- Dannelse av bunnslam og overflateslam når vannet står i ro, og er en kjemisk og fysisk prosess. (k) og (f)
- Oppvarming av vannet når temperaturen utenfor bassenget stiger. Dette er en fysisk prosess (f)

Forskningsresultater har vist at av prosessene nevnt over er temperaturforskjell den største faktoren til at vann kan stagnere. Selv veldig små temperaturforskjeller eksempelvis 0,1-0,2 grader er nok til å påvirke vannsirkulasjonen.

God vannsirkulasjon kan skapes ved bruk av jettstråle ut fra innløpet til bassenget. Når strålen beveger seg ut av innløpet i en slik hastighet som sørger for omrøring i bassenget.

Forebygging mot forurensinger

For å hindre uønsket forurensing i bassenget er det viktig med tette tak. Lekkasje igjennom tak har i tidligere høydebasseng rundt om i landet vært en kilde til for høye bakterietall i vannkilden. Er ikke taket tett kan bakterier og annen forurensing renne igjennom taket og inn i vannkilden.

Vannet skal heller ikke utsettes for lys, og derfor monteres ikke vinduer og andre åpninger som utsetter bassenget for permanent lys. Dette skaper vekstforhold til alger og mere.

Ventilkammeret

Rørinstallasjonene til høydebassenget blir samlet i et eget betjenings hus også kalt ventilkammer. Figur 20 og Figur 21 viser forslag til nytt rørplasseringen inne i ventilkammeret. Betjeningshuset plasseres ved bassengveggen. Det er satt av rikelig plass til tekniske installasjoner og andre komponenter som hydrofor og elektrisitet. Jeg

har også tegnet inn to pumper i parallell, vist på Figur 20 og Figur 21. Disse pumpene er tilkoblet med ventiler på hver side for demontering og reparasjon.

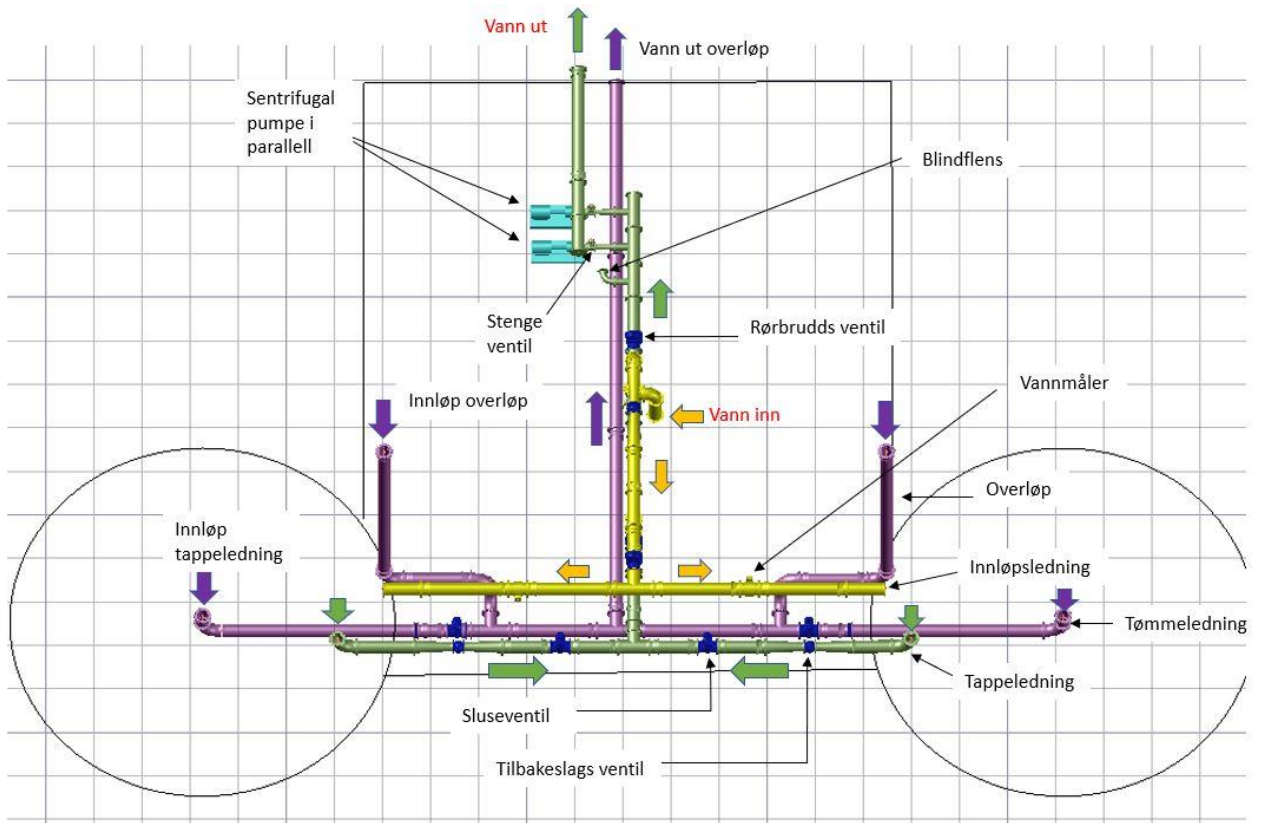
Ventilkammeret senkes en meter ned i forhold til bassenggulvene. Dette for å få god plass til rør og utløp/drenering slik at rørene har god dekning og plass. Rørdelene og også tilstrekkelig forankret for å kunne ta opp kreftene som oppstår i bend og rør når vannet beveger seg. Slike forankringer kan finnes og dimensjoneres av en betong produsent.

Det er også ført inn en bypass ledning mellom innløp og utløp markert med en rød ring rundt, i Figur 21. Bypass ledningen sin oppgave er å føre vannet direkte til pumpene som pumper vannet ut på vann-netter uten å måtte passere igjennom høydebassenget, om bassenget er i ustand. Det er i den forbindelse lagt inn sluser og ventiler for å føre vannstrømmen i ønsket retning.

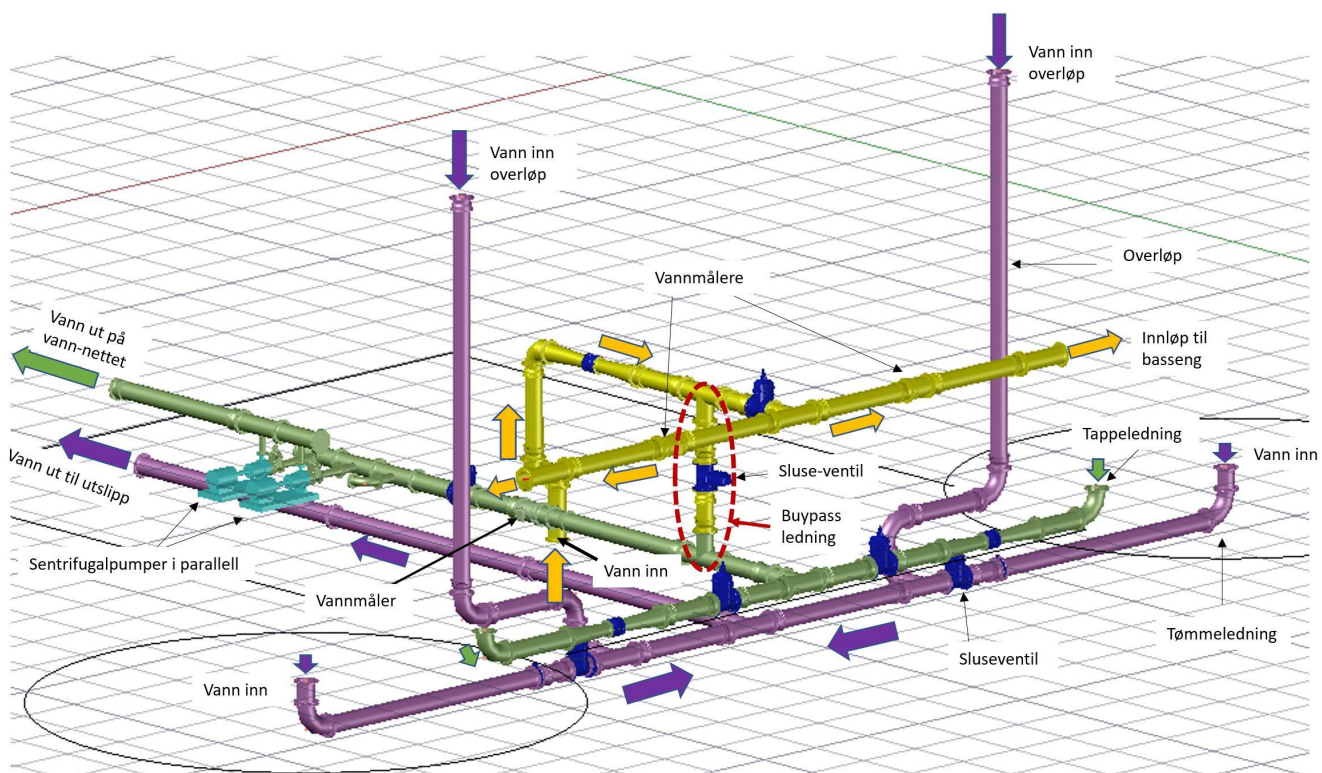
Rørinstallasjonen i Figur 20 og Figur 21 består av:

- Innløp (gul ledning på Figur 20 og Figur 21)
- Utløp (grønn ledning på Figur 20 og Figur 21)
- Overløp (lilla ledning på Figur 20 og Figur 21)
- Tømmeledning (lilla ledning på Figur 20 og Figur 21)
- Prøvetakingspunkt (blindflens vist på Figur 20 og Figur 21)
- Bypass ledning (markert med rød ring på Figur 20 og Figur 21)

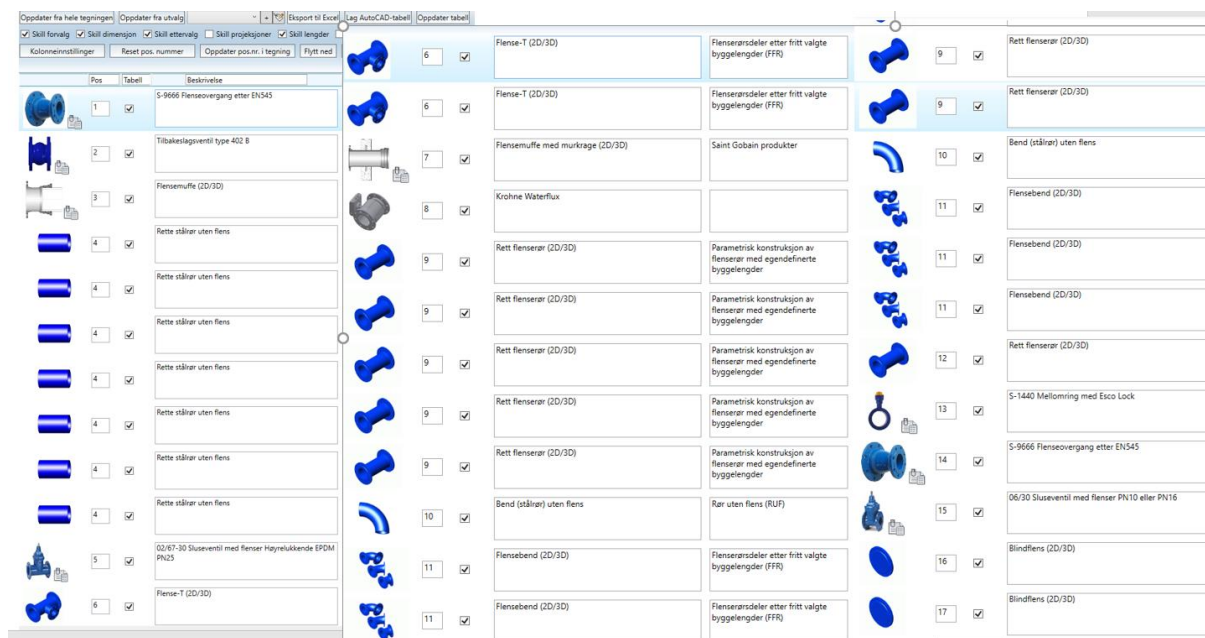
Rørdelene jeg benytter meg av til ventilkammeret er rør og rørdeler i rustfritt stål. Stålkvaliteten jeg har valgt på rørene er 316L (syrefast stål). Dette stålet inneholder mere nikkel enn rustfritt stål, og er mere motstandsdyktig mot korrosjon. Denne stålkvaliteten har jeg valgt pga. bassengets beliggenhet nært sjøen, hvor saltvann øker korrosjonsfaren. Derfor trengs det rørdeler som er motstandsdyktige mot korrosjon og saltvann. Syrefast stål 316-316L er da det beste valget.



Figur 20: Ventilkammer høydebasseng i 3D vist ovenfra.



Figur 21: Ventilkammer i 3D vist fra siden.



Figur 22: Bildet viser produktliste med rørdeler jeg benyttet meg av under tegning av ventilkammeret.

Kjemisk sammensetting i %. Typiske verdier				Standard		
C _{max}	Cr	Ni	Mo	EN-Norm	SS	ASTM
0,05	18,5	8,5	-	4301	2333	304
0,03	18,5	9,5	-	4306/7	2352	304L
0,05	17	11	2,7	4436	2343	316
0,03	17,5	12	2,7	4432	2353	316L

Tabell 5: Viser forskjellige stålkvaliteter på rør. 304-304L er rustfritt stål, mens 316-316L er syrefast stål.

Tabell 5 over viser forskjellige stålkvaliteter brukt til rør i vannforsyninger. Kvaliteten 304 og 304L er rustfritt. Dette er vanligst å bruke, og inneholder maksimalt innhold av karbon 0,3% noe som gjør sveising lettere. Stål med navn 316 og 316L er syrefast stål.

Det er også anbefalt å bruke noe større godstykkelse enn det innvendige trykket. Dette for å hindre utvendige skader (bulker), og ha tilstrekkelig plass til å lage en god sveis.

På Figur 20 og Figur 21 er dimensjonene på rørene 300mm og jeg vil derfor trenge sveiser på 3mm i henhold til Tabell 6 under.

Følgende anbefalinger fra Norsk Vann rapport 181/2011 til valg av godstykkelser:

$\varnothing \leq 200 \text{ mm}$	$t = 2 \text{ mm}$
$200 \text{ mm} < \varnothing < 500 \text{ mm}$	$t = 3 \text{ mm}$
$500 \text{ mm} \leq \varnothing < 800 \text{ mm}$	$t = 4 \text{ mm}$

Tabell 6: Viser tykkelse på sveis i henhold til rørdimensjon. t=tykkelse på sveis.
 \varnothing =diameter på røret.

Innløpsledning

Inn i høydebassenget føres det egen innløpsledning til hvert kammer, og disse kan stenges separat. Det er ikke noe fasit på hvordan dette kan gjøres, men den bør legges slik at det sikrer god sirkulasjon i vann kammeret. Det er viktig at innløpet sikrer fri bane til vannstrømmen ut i bassenget, altså at vannet ikke går mot en vegg eller bunn.

Siden dette høydebassenget har en rund utforming kan ledningen plasseres slik at vannstrålen rettes 30-35 grader ut fra bassengveggenes tangentplan og med en helning på 45 grader oppover. Alternativt kan innløpet monteres slik at laveste vannspeil monteres 20 cm under innløpet.

For å unngå stagnasjon på grunn av temperaturforskjeller må innløpshastigheten på vannet igjennom røret være høy nok. Opprinnelig strålediameter har en avstand på $6 \times d$ (diameter) fører dette til at vannvolumet er blitt så erodert at vannhastigheten strålesentrum begynner å avta.

Vi kan med hjelp av denne formelen fra rapport 181/2011 fra Norsk Vann regne ut hastigheten i sentrum av vannstrålen:

$$u_m = 6,4 \cdot d \cdot u_0 / l$$

hvor u_0 er utløpshastigheten og l er avstand fra utløp

Utløpshastighet anbefales i henhold til en tysk veiledning /20/ til å være 1 m/s. ett annet alternativ er at utløpshastigheten er så stor at teoretisk senterlinjehastighet eller en avstand $D/2$ (bassengets diameter $(D)/2$) kommer opp i 0,1 m/s i perioder.

Innløpsrøret er lagt symmetrisk slik at det strømmer like mye vann inn i hvert kammer slik vist på Figur 20. innløpsledningen min avsluttes under vannspeilet, og jeg har

derfor som vist på figur 20 lagt inn tilbakeslagsventil på innløpsrøret, slik at jeg unngår uønsket tapping

Det er også lagt inn ventiler der åpningsgraden kan reguleres (sluseventil) for å regulere vannstrømmen inn i bassenget.

Utløpsledning/tappeledning

Når tappeledning skal dimensjoneres, dimensjoneres denne for størst sannsynlige vannforbruket. Dette vannforbruket utgjør dimensjonerende vannmengde og er lik tappeintensiteten i makstimen i maksimaldøgnet pluss brannvann. Følgende ligning er hentet fra rapport 181/201, og brukes til å regne ut vannforbruket:

$$Q_{\text{dim}} = \{ Q_d \cdot f_{\text{maks}} \cdot k_{\text{maks}} \cdot 1000 / (24 \cdot 60 \cdot 60) \} + Q_{\text{brann}} \text{ [m}^3/\text{døgn]}$$

Q_d	:	middel døgnforbruk i m ³ pr døgn
f_{maks}	:	faktor for maks døgnvariasjon
k_{maks}	:	faktor for maks timevariasjon

For at utløpsledningen ikke suger luft på grunn av virveldannelse kan nødvendig vanddyp (S) over toppen av utløpsledningen regnes ut med følgende formel hentet fra rapport 181/2011:

$$S = 0,73 \cdot v \cdot \sqrt{D}$$

v = vannhastighet i ledning (m/s)

D = diameter i ledning (m)

Det installeres også en rørbrudds ventil vist på figur 20. Denne forhindrer at bassenget tømmes hvis det skulle oppstå lekkasje eller brudd på utløpsledningen. Denne ventilen kan stenges ved hjelp av en motoraktuator eller ved bruk av fallodd.

Overløp

For å ta unna den høyest mulig tilførselen til bassenget krever dette ett overløp. Vannet fra overløpet føres til en resipient eller et overvannssystem. Det er svært viktig at overløpet ikke kobles til spillvannsledning, da dette kan forårsake spredning av bakterier og forurensning vannet i høydebassenget.

Det må i dette tilfellet ikke monteres stengeventiler på overløpsledningen. Grunnen er at bassenget kan bli overfylt om overløpsledningen ikke klarer å avlede inngående vannmengde i bassenget. Inngående vannmengde er ofte små, og derfor trengs bare et vertikalt rør med en kon i overløpsnivå. Det må da passes på at røret er tilstrekkelig dimensjonert, for å tåle trykkpulsasjoner som kan oppstå når vannet bremses opp, og går fra delvis til fylt strømning i røret. Overløpet er derfor i figur 20 bare koblet sammen med tømmeledningen, etter sluseventilene slike at overløpet ikke er tett.

Tømmeledning

I bassengets laveste punkt plasseres et tømme-rør. Den forsenkes også i samme forsenkning som ble brukt til tappeledningens plassering. Gulvet har godt fall slik at vann fra spyling og vasking av bassenget føres til tømmeledningen. Når det kommer til gråvann fra rengjøring og desinfisering av bassenget føres tømmeledningen igjennom en slamavskiller ved utløp. Dette for å unngå unødvendig forurensing av miljøet og resipienten.

Resultat

PUMPE 1 OG 2

Pumpe 1 (fyller høydebassenget):

Jeg har benyttet meg av følgende verdier som jeg senere har plottet inn i Grundfos, for å velge riktig pumpe. Disse er:

$$Q_{\text{dmaks}} = 550 \text{ m}^3/\text{d} = 22,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

H-geodetisk = 6 meter (antar høyde på øverste vannspeil til høydebassenget)

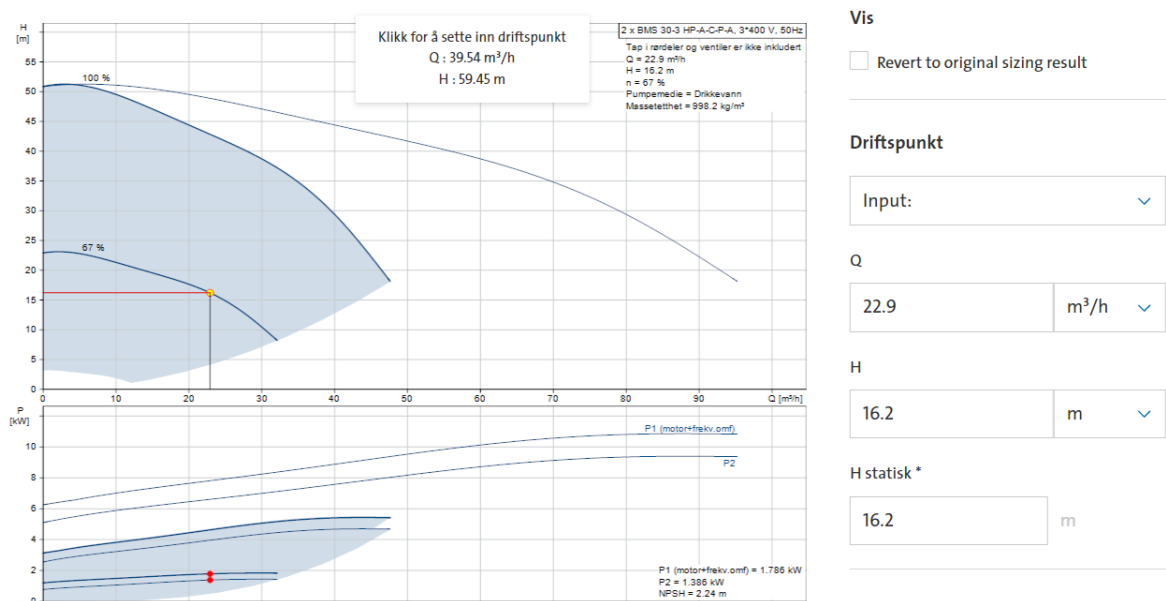
Lengde på røret PE100 L = 100 meter (avstand fra pumpene til høydebassenget).

PE100 med ruhet 0,25mm. (gitt dimensjon på røret)

Jeg får da følgende pumpekurve (Figur 23) og forslag til pumpe hos produsenten. I dette tilfellet valgte jeg, som vist på Figur 23 en pumpe med løftehøyden 16,2m når pumpen går 67%. Siden pumpen skal pumpe vannet igjennom røret bare 100 meter frem til høyde bassenget, vil friksjonskoeffisienten bli 0,005mm. Altså veldig liten.

Røret vannet går igjennom er PE100 med en ruhet på $K=0,25$.

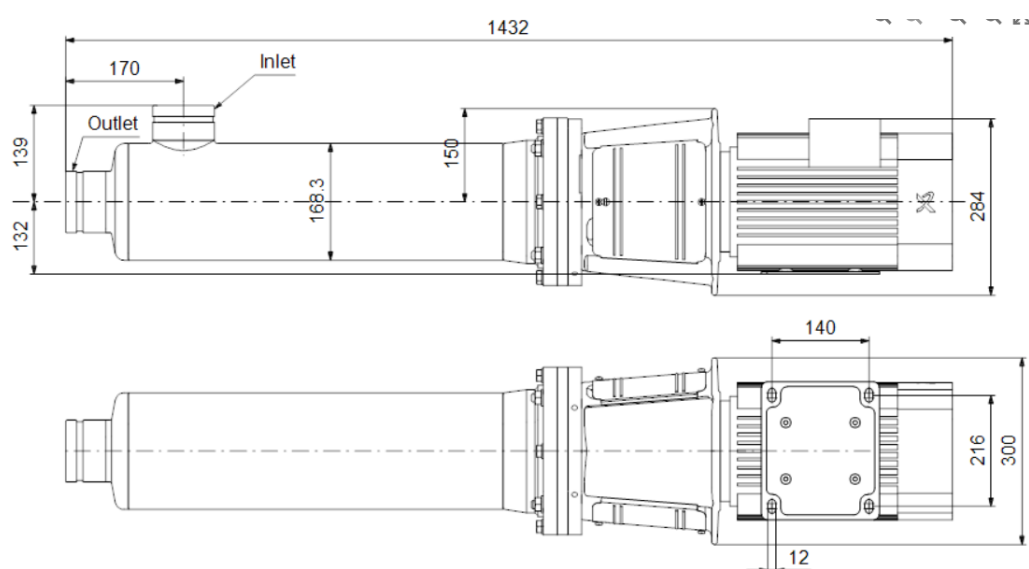
Som vist på Figur 23 vil vannføringen minke og øke i takt med løftehøyden til pumpa.



Figur 23: HQ-diagram av pumpene som pumper vannet inn i høydebassenget. Pumpekurven er hentet av en pumpeprodusent Grundfos.

	1	2	3	4	5
Volumstrøm (%)	12	35	55	75	100
Volumstrøm (m ³ /h)	2.771	8.017	12.6	17.18	22.9
Løftehøyde (%)	100	100	100	100	100
Løftehøyde (m)	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
P1 (kW)	0.524	0.703	0.958	1.325	2.103
Eta total (%)	23.3	50.2	57.9	57.1	48.0
Tid (h/a)	1481	896	448	299	149
Forbruk (kWh/År)	776	630	429	396	314

Tabell 7: Viser pumpens detaljer fra produsent.



Figur 24: Illustrasjon av valgt pumpe hos Grundfos. Pumpens navn BMS 30-3 HP-A-C-P-A nr. 98872101. Denne pumpen passer godt til behandling av drikkevann, avsalting, industriell vannforsyning og transport.

Pumpe 2 (pumper vannet ut på ledningsnett):

Velger allerede eksisterende pumper fra vannbehandlingsanlegget på Husøy. Disse pumpene har allerede blitt dimensjonert i henhold til riktig driftspunkt og løftehøyde for det nåværende vannforbruket på høya. Pumpene er heller ikke så gamle siden de ble byttet ut i forbindelse med fornyelse av vannbehandlingsanlegget på Husøy. De eksisterende Pumpene har en løftehøyde $H=50,7$ meter og en vannføring $Q=45$ m³/h. Dette passer bra med at vannet skal pumpes til det gamle høydebassenget med kotehøyde 40 m.o.h, og ut på vanntette med et trykk tilsvarende 4,2 bar eller 42 meter vannsøyle.

HØYDEBASSENGET

Basseng volum

Utjevningsvolum:

Ut fra en summasjonskurve over forbruket er utjevningsvolumet på 135-168 m³

Brannvolum:

Boligbebyggelse 20l/sek i 2 timer.

$$M_b = (20\text{l/sek} * 2 \text{ timer}) + \text{lekkasje prosent (0,35)} = 20\text{l/sek} * 120 * 1,35 = 3\ 240 \text{ liter} = 3,24 \text{ m}^3$$

Sikkerhetsreserve:

$$M_s = n * Q = 0,3 * 550 \text{ m}^3/\text{d} = 165 \text{ m}^3$$

Totalt bassengvolum:

$$M_{\text{tot}} = M_b + M_s + M_u = 3,24 \text{ m}^3 + 165 \text{ m}^3 + 168 \text{ m}^3 + 1100 \text{ m}^3 = \text{ca. } 1436,24 \text{ m}^3$$

I hovedplanen til Norconsult A/S angis det et fremtidig høydebasseng på 1100 m³, altså 2 tanker med 550m³ i hver tank. jeg vil anbefale et større bassengvolum enn 2*550m³ da dette er i minste laget med tanke på sikkerhetsreserve og brannvolum, og to dagers vannforbruk alene utgjør 1100 m³. Jeg vil derfor anbefale et totalt bassengvolum på $M_{\text{tot}}= 1437,24 \text{ m}^3$ eller to kammer med 720m³ i hvert kammer.

VENTILKAMMER

Ventilkammeret er sveiset sammen av rette stålrør eller påkoblet med flenser. Dette med tanke på senere eller fremtidig ombygging og utskifting av rørdeler i ventilkammeret.

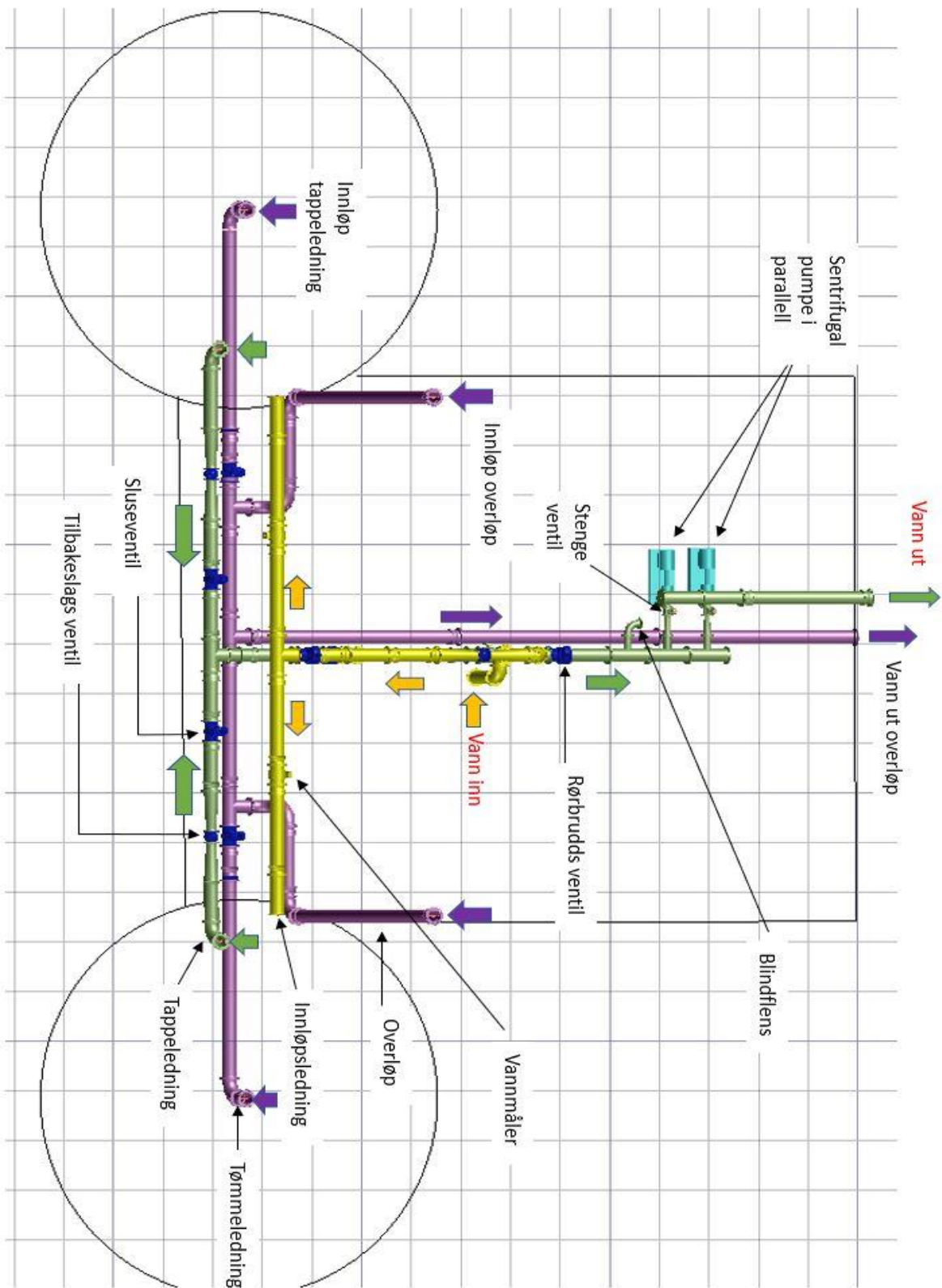
Tappeledningen vist i vedlegg 1 består av to tilbakeslagsventiler og to sluseventiler. Disse ventilene skal sikre at vannet ikke renner ukontrollert ut av bassenget. Det er også koblet på en rørbruddventil. Rørbruddventilen sørger for at uønsket lekkasje fra bassenget oppstår, og stenger av vanntilførselen ut av bassenget. På enden av tappeledningen er det montert to pumper i parallell, med ventiler og gummi kompensator på hver side av pumpene. Dette gjør utskifting av pumpe lettere, og kan gjøres uten å stenge vannet.

Det er også lagt inn en bypass ledning vist i vedlegg 2. Denne løsningen gjør at vannet kan passere inn i tappeledningen på vei til pumpene, uten å måtte gå igjennom bassenget. Den består av en ventil som holdes stengt mellom tappeledningen og inntaksledningen. Denne løsningen bidrar som nevnt tidligere til å muliggjøre og pumpe vannet direkte ut på nett.

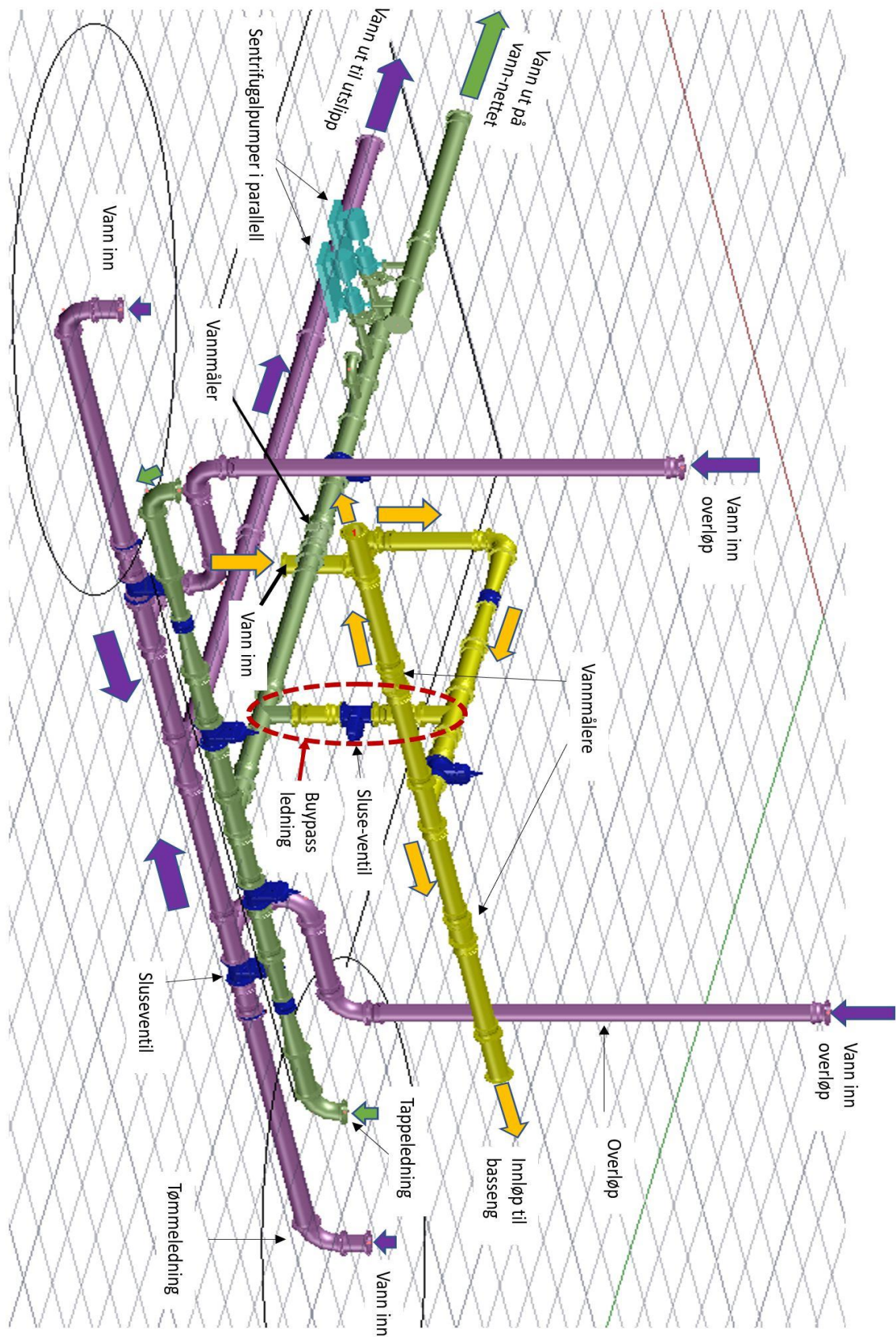
På inntaksledningen er det montert vannmåler på hver side. Dette er for å kontrollere vannmengden som kommer inn i bassenget, se vedlegg 1. Det er også montert vannmåler på tappeledningen for å kunne dokumentere forbruket.

Tømmeledningen er som vist koblet sammen med overløpet. Det er montert ventiler på tømmeledningen for å unngå at bassenget går tomt, men ventilene stenger ikke for overløpet.

Tegninger



Figur 25: Ventilkommer høydebassenget i 3D vist ovenfra.



Figur 26: Ventilkommer i 3D vist fra siden.

Konklusjon

I denne oppgaven har jeg sett på mulige løsninger for nytt høydebasseng på Husøy, i Træna Kommune. Kommunens gamle Høydebasseng skal byttes ut og det gamle bassenget skal brukes i reserve. For å alltid sikre tilgang på rent og trygt drikkevann er det derfor viktig med et funksjonelt høydebasseng med tilstrekkelig lagringsplass. Jeg har i forbindelse med dette prosjektet sett på områdets beliggenhet, samt hvordan den fremtidige løsningen bidrar til en velfungerende vannlagring. Det er lite historiske data over vannforbruket på øya. Dette har gjort oppgaven utfordrende med tanke på prosjektering, men også dokumentasjon over vannlagring og vannforbruk.

I problemstillingen diskuterer jeg viktigheten av tilstrekkelig volumkapasitet og utjevningsevne i bassenget, og har konkludert og drøftet oppgaven med utgangspunkt i dette. Jeg har også presentert ny mulig løsning på pumper inn og ut av bassenget.

Rørarrangementet for foreslått ventilkammeret er utført og illustrert med tegning i pc-program Focus VARDAK. Årsaken til at vi vil ha en skreddersydd løsning på ventilkammeret tilpasset rørdelenes funksjon og plassering i ventilhuset, har å gjøre med fremtidige situasjon med videre utvidelse og/eller reparasjoner.

Det skal i tillegg kjøpes og prosjekteres nye pumper inn og ut av høydebassenget, og gjenbruk av eksisterende pumper i Husøy VBA vil være å anse som det mest praktiske og økonomiske for dette prosjektet.

Selve bassengløsningen er gjennomført som et standard brillebasseng med ventilhus i midten. Bassenget har standard utforming etter standard veileder for høydebasseng. Jeg har derfor sett på de ulike behovene for nyttbart volum Høydebassenget trenger for å tilfredsstille kravene, da særlig utjevningsevne og sikkerhetsreserve.

Kommunes ambisjoner er at øya er å være mest mulig selvforsynt med drikkevann, og løsningene jeg har kommet frem til sparer kommunen for økonomiske midler og vedlikehold. Løsningen er i henhold til deres retningslinjer når det kommer til fremtidige situasjoner som kan oppstå.

Drikkevann er å betrakte som meget viktig og det er derfor viktig at jeg har holdt meg til riktige forskrifter når det gjelder veileder til høydebasseng, men også leveransen av

riktig mengde vann til forbrukeren. Det er ikke gunstig med for stor vannlagring i bassenget, noe som kan føre til at vannvolumet skiftes ut for sakte. For høyt trykk i ledningsnett er heller ikke gunstig. Vannet skal sendes ut på vann-nettet med trykk mindre eller lik 4,2 bar, som tilsvarer eksisterende trykk i ledningsnett. For høyt trykk kan belaste lekkasjeprosenten, men også hvitevarer og andre installasjoner til forbrukeren.

Kommunes spesielle utforming, topografi og drikkevannsforhold har stor betydning, og har påvirket løsningen for området.

Referanser

1. Hovedplan vann og avløp 2022-2032 - Træna kommune – utkast for offentlig høring. Norconsult, Oppdrag 5201433, Doc 03, Versjon J01, 2021-10-06.
<https://www.trana.kommune.no/getfile.php/4920694.2542.atwiziqgmtp7na/H%C3%B8ringsutkast-+Hovedplan+vann-+og+avl%C3%B8p-+Tr%C3%A6na+kommune.pdf>
2. Norsk Vann Rapport 181/2011 - https://va-kompetanse.no/wp-content/uploads/rapport181_2011.pdf
3. Planlegging, dimensjonering og drift av drikkevannsbasseng, Miljø Blad nr 122, 2017.
<https://docplayer.me/114564849-Planlegging-dimensjonering-og-drift-av-drikkevannsbasseng.html?fbclid=IwAR0zL1Nh4IU8Lifs7AX0lueDMcizmhWSHeXyxkuykCuO7H-CduHlhMsbV2A>
4. Vann og avløpsteknikk, Norsk Vann, Halvar Ødegaard, 10. august 2019,